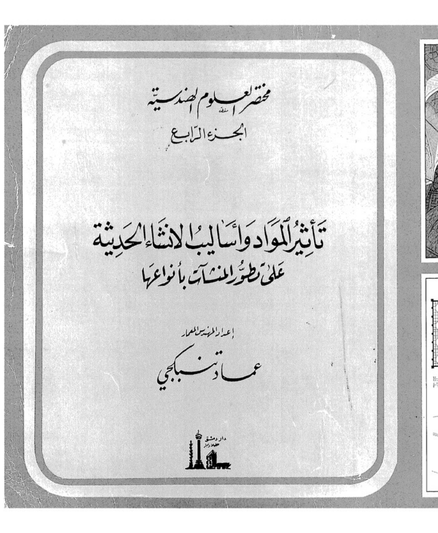


مختصر العلوم الهندسية

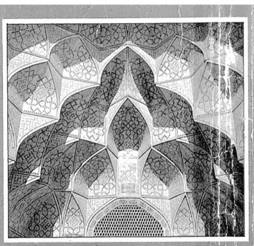
الجزء الرابع

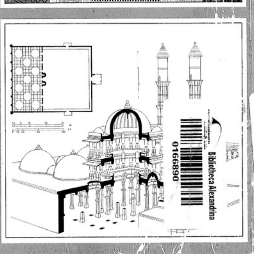
تأثير المواد وأساليب الانشاء الحديثة
على تطور المنشآت بأنواعها

إعداد المهندس المعمار

عماد تنبكجي

دار دمشق





تأثير المواد وأساليب الإنشاء الحديثة على تطوير شكل المنشأة

- القيود البيئية والعملية المعيقة للعملية الإبداعية
- مواد الإنشاء الأكثر تطوراً.
- مواصفات المنشآت بأشكالها الجديدة.

إعداد المهندس
عماد محمد عدنان تنبكجي

الطبعة الاولى
١٩٨٨

سلسلة : مختصر العلوم الهندسية (٤)

الكتاب : تأثير المواد وأساليب الإنشاء الحديثة
على تطوير شكل المنشأة

اعداد : المهندس عماد عدنان تنبكجي
الطابع : مطبعة الشام
عدد الطبع : ٢٠٠٠ نسخة
الناشر : دار دمشق للطباعة والنشر والتوزيع
دمشق - سوريا : شارع بور سعيد هاتف: ٢١١٠٢٢ - ٢١١٠٤٨ ص.ب
٥٣٧٢ تلكس ٤١٢٥٣٨ زينه

● المقدِّمة :

سنناقش في هذا الجزء من الموسوعة ، كلُّ ما يتعلّق بالتطوُّرات الحديثة ، التي طرأت على أساليب ، مواد ، وأشكال الأبنية ، خلال عقدي السبعينات والثمانينات ، إضافة إلى أنّه ، يضع بشكل واقعي ، وبناء على معطيات ثابتة وراسخة ، توقّعاته لاتجاهات التطوُّر المستقبليّة ، في مجالي التصميم والإنشاء .

بالطبع إنّ الأفكار والإبداعات الجديدة ، نستطيع التوصُّل إليها ، فقط ضمن منظور تقيِّده معطيات البيئة ، الوسائل العلميّة المتوافرة بين أيدينا ، ونتائج الدراسة الأوليّة ، المحدِّدة لطبيعة ووظيفة المنشأة . فأوّل ما ينبغي عمله ، هو الإجابة على أسئلة ، تصاغ لتحديد معطيات طبيعة البناء المراد إنشاؤه ، ومن هذه الأسئلة : ما هي العوامل المؤثِّرة في تحديد مكان وكيفيّة إنشاء المبنى ؟ ما هي التحسينات التي يُتَوَقّع إدخالها على طبيعة المادّة بهدف تحسين مقاومتها ؟ كم يراد أن يكون ارتفاع المبنى ؟ ما هي المجازات الواجب تركها ما بين الأعمدة ؟ وغيرها من الأسئلة الأخرى ، التي ينبغي الإجابة عليها أولاً ، وقبل المباشرة في عمليّة التصميم .

لذا كان الفصل الأوّل ، تطرُّقاً للمعيقات ، التي تقف بوجه التطوُّر نحو الكمال ، وفي وجه ابتكار وسائل وتقنيّات جديدة ، تفيد منها وسائل وطرق الإنشاء والتصميم .

تناول الفصل الثاني من هذا الجزء ، عدداً من المواد الإنشائيّة الحديثة ، والتي تمّ ابتكارها ، نتيجة الحاجة إلى مواد أكثر مقاومة ، وأخفُّ وزناً ، فكان منها ، الألياف الكربونيّة وتلك الزجاجيّة . كما تناول الفصل ، التحسينات التي طرأت على مواد الإنشاء التقليديّة ، بغية رفع كفاءتها .

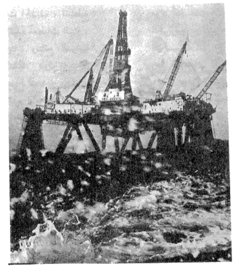
سيعنى الفصل الثالث من هذا الجزء ، بإظهار تأثيرات ما استجدّ من أفكار ومواد ، على أشكال وبنية المنشآت بشكل عام ، موضِّحين بعض الأشكال والجمل الإنشائيّة المحدثة ، والتي خرجت بها العمارة والهندسة بشكل عام ، عن ما تآلفت عليه من أشكال إنشائيّة .

الفصل الأول

القيود البيئية والعملية المعيقة للعملية الإبداعية.

● **المقدمة :**

تعد الدراسة هذه ، توضيحاً للجهود المبذولة ، بهدف تطوير أساليب إنشاء وتصميم الأبنية ، ضمن إطار معطيات البيئة والمحيط الإجتماعي ، وتحت وطأة القيود العمليّة ، التي تفرضها مقاومة مواد الإنشاء المتاحة ، والتشكيلات الإنشائيّة الشائعة .



● البيئة وتأثيراتها على العمليّة الإبداعيّة :

- **1.01** : إن مجموعة الإرباكات ، التي يمكن أن تحد من العمليّة الإبداعيّة ، ليس مردّها عجزاً في الخواص الفيزيائيّة لمواد الإنشاء فحسب ، بل هناك عوامل أخرى ، على الرغم من أن عامل عجز مواد الإنشاء المتوافرة ، عن تلبية ومواكبة خيال المصمّمين ، قد تكون من أكثرها أهميّة ، وإن كانت أهميتها الحالية لحسن الحظ ، بدأت تتلاشى ، نتيجة للتقدُّم التقني الهائل ، التي شهدته السنوات الأخيرة ؛ إلا أن العوامل الأخرى ، ما زالت مؤثّرة ، بل أخذت أهميتها تتزايد ، ومن هذه العوامل ، عوامل اجتماعيّة ، بيئيّة ، وأخرى تتعلّق بالطرق المتبعة ، بهدف التكيُّف مع البيئة (إيكلوجيّة) . إن هذه العوامل ، بدأت تتزايد أهميتها ، بتزايد كثافة السكان ، التي أدّت إلى استنفاذ الموارد الطبيعيّة ، وإلى زيادة التلوُّث البيئي ، مما جعل الأوضاع الراهنة ، متعارضة تماماً ، مع احتياجات الحفاظ على الظروف المعيشيّة المقبولة .

* وسائل النقل :

- **1.02** : ترجع معظم مشاكلنا البيئيّة الحالية ، إلى زيادة القدرة على تسريع نقل الأشخاص والمواد ، من مكان لآخر ، وهو عصر ابتدأ ، بحلول منتصف القرن التاسع عشر .

إن إنشاء مجموعة من خطوط السكك الحديديّة ، بهدف وصل أطراف المدن بمراكزها ، والتي تمّت في عام ١٨٥٠ ، لم تُزِلْ آلاف المنازل فحسب ، بل كانت أيضاً بمثابة ، حواجز فيزيائيّة واجتماعيّة ، تفصل ما بين المساحات السكنيّة المتجاورة ، وتقلّل من منزلة بعضها ، لعمق تأثُّرها ، بما تصدره تلك القطارات ، من ضجيج مصحوب بسحب دخانيّة ضارة . وكنتيجة لذلك ، كانت العمليّة الإبداعيّة تقترب إلى حدود الكمال ، كلّما كان التصميم قادراً ، على حلّ المشاكل الإنشائيّة ، الناشئة عن سرعة وسائل النقل ، مثل التصاميم المقاومة للصدمات ، الناشئة عن اختراق الطائرات لجدار الصوت ، أو تلك المزوّدة بما يمنع عنها الضوضاء والأصوات ، المتسلّلة من الخارج ، أو تلك المصمّمة على شكل منشآت طافية ، فوق السكك الحديديّة ، تشغل مساحات تخصّص للسكنى أو كمراكز للاستجمام ، مبقيّة نظام النقل بأكمله ، في منسوب أخفض .

- 1.03 : إن مشكلة التعارض ما بين الإحتياجات البيئيّة ، والإحتياجات الإقتصاديّة للمجتمع ، أخذت تطل اليوم برأسها ثانية ، وكمثال عليها ، إضطرارنا إلى إنشاء مجموعة من المطارات ، إلى جوار مساحات سكنيّة . إن أمثال الإرباكات البيئيّة هذه ، استدعت ثانية التفكير ، في حلول إبداعيّة ، تنقذنا من التعارض هذا ، فكانت المنشآت العائمة في عرض البحار .

* نقص الموارد الطبيعيّة :

- 1.04 : بدأنا نشعر بالإرباكات الناشئة عن عدم التكيُّف ، منذ تزايد نمو النقص الحاصل في الموارد الطبيعيّة ، وضمور المخزون الكلي من الموارد هذه . إلا أن القوى الإبداعيّة ، تعمل على تطوير مواد بديلة ، عن طريق سعيها وراء مواد تركيبيّة مصنّعة ، يمكن الإستفادة منها ، في حلّ مشكلة النقص في الموارد الطبيعيّة .

- 1.05 : إن الحاجة إلى الموارد الطبيعيّة ، تضخّمت في السنوات الأخيرة ، إلى حد كبير ، مما زاد من صعوبة سد احتياجات المناطق والمدن من هذه الموارد ، وبالتالي زاد خطر تضخّم العجز الحاصل في تأمينها ، مما رفع من قيمتها وأسعارها ، وبالتالي ارتفعت تكاليف الإنشاء . لقد أضرّ ارتفاع تكاليف الإنشاء بالدخل القومي ، وبالتالي انعكس ذلك على الوضع الإقتصادي والإجتماعي ، لمجموع أفراد الشعب . إنّ الصرخات والإهتمامات الحاليّة ، المنصبّة على توسيع رقعة المساحات المخصّصة لأعمال التنقيب عن الموارد الطبيعيّة ، لن تجدي فتيلاً ، خصوصاً إذا ما قورنت بما يمكن أن تولّده هذه الخطوة من أذىً ، يلحق بالبيئة ، وبمظاهر الطبيعة الخلابة .

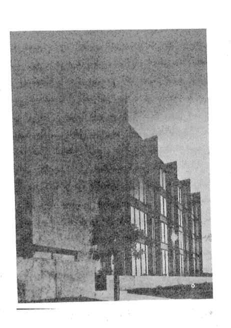
- 1.06 : لقد أدركت الدول ، مدى الأذى ، الذي يمكن أن يلحق بالإقتصاد القومي ، إن لم يعالج العجز الحاصل في الموارد الطبيعيّة ، وإن لم تجر بأسرع وقت ، دراسات موضوعيّة ، تكون غايتها البحث عن مصادر بديلة . لذا يجدُّ الباحثون اليوم ، في ابتكار أساليب استخراج ، أكثر اقتصاديّة وكفاءة ، كما يعملون على استخدام تلك الموارد ، بأقصى ما يمكن من كفاءة ، بحيث تقلّ نسبة المادة التالفة منها ، إلى حدّ كبير . لقد أشارت الدراسات الحديثة ، وتوقّعات الباحثين ، إلى إمكانيّة تصنيع المواد التالفة ، كبقايا أحجار المناجم ، كسرات الفخار الصيني ، الخبث بمختلف أنواعه ، الرماد وخبث

المعادن ، لإنتاج مواد مصنّعة ، تستخدم في إنشاء وإكساء الأبنية عموماً . إنّ العامل الذي يحدُّ من انتشار تلك الخطوة اليوم ، هو ارتفاع كلف النقل ، إن قورنت بكلفة المادة المنخفضة ، عند المنبع . لقد بلغت نسبة أجور الشحن العائدة لنقل الفلزات الخام ، في بريطانيا ، من مناجمها إلى أماكن استثمارها ، حوالى (٢٦٪) ، من مجموع ما تقاضته مكاتب النقل البري من أجور ، عام ١٩٦٨ ، وهذا ما جعل الباحثين اليوم ، يفكّرون باستخدام السفن وقطارات الشحن ، في عمليات شحن المواد الأوليّة ، للتقليل من كلفة وأجور الشحن ، إلى أقصى حدٍّ ممكن .

كما أخذ بعضهم يفكّر جدياً ، في نقل وإنشاء تجهيزات المصانع ، بالقرب من مصادر المواد الخام ، إذ أن هذه الطريقة ، تعدُّ في أغلب الأحيان ، أكثر اقتصاديّة ، من عمليّة نقل المادة الخام ، إلى حيث المصانع المتخصِّصة ، خصوصاً إن كان المصنع ، يبعد مسافة كبيرة ، عن مكان تواجد المادة الخام ، والتي غالباً ما تكون ضمن أرض مدينة أخرى . إن الإتجاه هذا ، ليس بمقدوره فقط ، التقليل من كلفة المنتج النهائي ، بل يكتسب أيضاً ، أهميّة خاصة ، من جرّاء أنّه ، يتيح وصول مستلزمات تنفيذ الأبنية الأساسيّة ، مع الأساليب التقنيّة المرافقة لإنتاجها ، إلى مناطق كانت تفتقر إليها سابقاً . وبذا يمكننا تسريع العمليّة الإبداعيّة ، لتساهم بها مناطق ، كانت ضمن عداد المناطق النامية ، فتظهر نتيجة تفاعل التقنيّة مع أشخاص جدد ، أشكال إنشائيّة جديدة ، وتبزغ حلول لمشاكل ، كانت مستعصية في وقت من الأوقات .

* المراجع والمستندات الحكومية النظامية :

- 1.07 : إن أنظمة وتعليمات البناء ، المدوّنة لخدمة مقتضيات السلامة والصحة العامة ، غالباً ما تكون بمثابة الكوابح ، التي تحد من تطوُّر العمليّة الإبداعيّة . لذا يكون القول ، بأن الإبداع الإنشائي ، يمكن له أن يستكمل بشكل أفضل ، بعيداً عن النظم والتشريعات ، المتعلّقة بضرورة تأمين حماية المنشآت من النيران ، أنظر الشكل (١ - ١) ، قول لا يتعدّى الحقيقة ؛ ليس لكون التشريعات الناظمة ، عاجزة عن الإتيان أو التمهيد لأفكار جديدة فقط ، بل لعجزها أيضاً ، عن مواكبة التطوُّر ، وإيجاد ما يناسب ما آلت إليه المنشآت الحديثة . اثبتت التجارب ، إن استخدام عناصر معدنيّة غير محميّة ، في أعمال الإنشاء ، في ابنية حمولتها النيرانيّة منخفضة جداً ، لا تؤدي في حال اشتعال المبنى بأكمله ، إلى درجة حرارة ، تكفي لصهر تلك العناصر المعدنيّة . أخذت بعض المدن الأوروبيّة ، في الآونة الأخيرة ، تستفيد من المعطيات هذه ، بغية استخدامها في منشآتهم ، خصوصاً للحصول منها ، على مبرِّرات التخلي عن الأنظمة والتشريعات المحليّة البالية ، أما الكود البريطاني ، فإلى الآن ، لم يقر



الشكل (١ - ١) : يظهر الشكل مثالاً لمبنى معدني غير محمي .

بتلك التجاوزات ، إذ طعن القائمين على هذا الكود ، بجديّة وشموليّة برامج التجارب المجراة . أما في أمريكا ، فقد أجازت التشريعات ، تنفيذ أبنية مخالفة ، على شرط وضعها تحت المراقبة ، ليصار إلى دراسة ما تتعرض له من أخطار . وقد زوّدت هذه الأبنية ، بوسائل الإنذار المبكّر ، وبوسائل حماية خارجيّة . تمكّن مراقبيها ، من تدارك أيّ خطر ، قبل وأثناء حدوثه .

- 1.08 : تحكم الإبداعات الإنشائيّة ، في الكود البريطاني ، مجموعات ثلاث من القوانين والتشريعات ، المتعلّقة بحماية المنشأة من الحريق ، غطّى بها الكود ، عاصمة البلاد ، ومناطق أخرى من انكلترا ، ومقاطعتي اسكتلندا وويلز . قبل عام ١٩٦٣ ، كان في بريطانيا ، (١٧٠٠) مجموعة من القوانين والتشريعات ، الناظمة لعملية التصميم والإنشاء ، مما جعل الخروج عن ما هو مألوف ، سواء أكان ذلك من خلال مفهوم مغاير ، أو مبنى مخالف ، عملاً من الصعب تحقّقه عملياً .

لقد كانت هذه القوانين ، كوابح مقيتة للإبداعات الشخصيّة ، صاغها في يوم من الأيام ، مسؤولي البلديات ، لتناسب وضعاً تغيّر تغيُّراً جذرياً ، على مدار الأيام . أما الآن ، وبعد أن تركّزت خبرات الأمم ، في مجالس متخصِّصة ، تعنى هي دون غيرها ، بإصدار تشريعات ناظمة ، لعمليتي التصميم والإنشاء ، أصبح الأمر ، أكثر ليناً ، وفتحت للمبدعين مجالات أكثر رحابة .

- 1.09 : مع ذلك ، ظلّ هناك أشخاص ، يعملون ضد التوجُّهات الإبداعيّة ، في مجالي التصميم والإنشاء ، إذ ما زالوا يصرُّون مبدئياً ، على أن تكون متطلبات حماية عناصر المنشآت المعدنيّة الخارجيّة ، المتواجدة على واجهة المبنى ، هي ذاتها المطلوبة من العناصر الداخليّة ، وذلك فيما يخص متطلبات الحماية ، من نشوب الحرائق وانتشارها . إنّ ذلك خطأ فادح ، كما نرى ، يرتكبه واضعوا الأنظمة ، فيما يخص التقدير الصحيح ، لحالات نشوب الحرائق ، ووسائل الوقاية منها . فالعناصر المعدنيّة الخارجيّة ، المكوِّنة لهيكل المنشأة المعدنيّة ، تبقى حرارتها ، دون الحرارة الحرجة ، والمساوية لـ (550) درجة سانتيغراد ، وإن انتشر الحريق ، ليشمل كامل أرجاء المنشأة . وباعتراف الجميع ، يمكن لخطوة مخالفة الأنظمة والقوانين هذه ، أن تنجح ، إلا أن الصعوبة تكمن ، في إيجاد الطريقة ، التي بها يمكن إقناع مستثمروا العقارات ،

بصحة التوجّهات الجديدة ، إذ أنّ هذه التوجّهات ، لا تظهر أكلها ، إلا بعد تنفيذ العمل ، وتعرّض المبنى للحريق ، وعندها يمكن للمستثمر ، تبيّن جديّة التوجّه ، وهو وضع غالباً ما يتحاشاه المستثمر ، خشية أن يقع في أخطاء المصمّم ، أو لكون الإنسان بطبعه ، يكره ما يجهل .

- **1.10** : إن الشذوذ الآخر عن منحى التجربة العلميّة ، والذي نلحظه في أنظمة البناء المرعيّة ، هو تقرير وجوب زيادة إجراءات الوقاية من الحريق ، كلما زاد ارتفاع المنشآت المعدنيّة ، وهو شذوذ اعتمد على نواحي عاطفيّة ، وليس له أيّ سند علمي . فقد اثبتت التجربة ، على أن الوسائل الكافية لحماية منشأة معدنيّة ، قليلة الإرتفاع من الحريق ، هي ذاتها الكفيلة بحماية منشأة معدنيّة عالية الإرتفاع . إنّ الإصرار على الإتيان بوسائل حماية ، تفوق ما يتطلبه الحال ، تجبر المستثمر على دفع أموال ، ترفع من كلف الإنشاء ، دون أن يكون ذلك ، في مصلحة زيادة متانة المنشأة ، كما تحد الإجراءات هذه ، من خيارات المصمّم ، وتعيق من تدفّق رؤاه وتصوّراته التجديديّة .

*** عمر المبنى والنظرة الإقتصادية للمنشأة :**

- **1.011** : إن المظهر التصميمي الآخر ، المقيّد للعمليّة الإبداعيّة ، هو وجوب الوصول إلى منشأة ، عمرها الإستثماري ، يطول ليصل إلى حدوده المقبولة . إن اختيار مواد الإنشاء ، يتم بناء على معرفتنا الأكيدة ، بقدرتها على مقاومة عوامل اهترائها ، مدّة لا تقل عن ستين عاماً . وهي تختلف في نوعياتها ومواصفاتها ، عن تلك المستخدمة لأغراض مؤقّتة ، حيث يجوز استبدالها ، حال تلفها ، وهي مواد تستخدم في منشآت ، يراد تخفيض كلفها ، نظراً لاحتياجنا المؤقّت لها . وقد تكاتفت الأيدي في الآونة الأخيرة ، لإنشاء منشآت أكثر عمراً ، تتصف بقدرتها على احتواء التغيّرات المتوقّعة ، في طريقة الإستخدام ، وقد صمّمت فراغاتها الداخليّة ، بمرونة تكفي لتلبية كافة الوظائف والخدمات المطلوبة إن المشكلة الأساسيّة ، التي تواجهها الأبنية ، المعدّة للمستقبل ، هي صعوبة التكهن ، بالوظائف المنوطة بفراغاتها من جهة ، وبتأمين تلك الوظائف المستقبليّة ، بأقل التكاليف الممكنة من جهة أخرى .

- **1.12** : إن السؤال الهام المطروح ، هو كيفيّة تأمين المبالغ اللازمة ، لعمليّة تصميم وتنفيذ المشاريع الرائدة . إذ أن المستثمرين ، غالباً ما يحجمون عن التصدي لمشاريع ، لا يفقهون أبعادها الحقيقيّة ، فكلُّ همِّهم ينصب عادة ، على استعادة ما وظّفوه من مبالغ ، مع أرباحهم المتوقّعة ، بأسرع وأيسر الطرق ، يساعدهم في ذلك أيضاً ، جهل الشاري للبناء ، بميِّزات المبنى الإستثنائيّة ، فيصعب عليه ، تقديم مبلغ تزيد قيمته ، عن قيمة أمثاله من المباني ، فتركد حركة شراء وبيع أمثال تلك المباني الرائدة ، مما يجعل الإقبال على الأفكار الإبداعيّة ، بمثابة انتحار تجاري .

* التأكيد على البحث :

- **1.13** : لنقارن ما قدّمته المواد المكتشفة حديثاً ، المستخدمة في تحسين صنعة السفن الفضائيّة ، من نتائج في مجال تطوُّر وسائل ارتياد الفضاء ؛ بما قدّمته مواد الإنشاء المكتشفة حديثاً ، في سبيل تطوير النظرة ، إلى كيفيّة إنشاء وتصميم الأبنية ، فنجد الفارق بينهما كبيراً ، وكبيراً جداً ، وهذا ما يدعونا إلى التأكيد ، على ضرورة البحث الجدي ، عن مواد إنشائيّة بديلة . فعلى سبيل المثال ، كان لاكتشاف واستخدام الروابط المعدنيّة ، والألياف الكربونيّة المسلّحة ، تأثير تكتيكي ، على أساليب إنشاء وتصميم الأبنية ، ولم يكن تأثيرها استراتيجي ، إذ لم تساعد تلك المواد ، في تغيير تصوّرنا لمفهومي التصميم والإنشاء .

هذا ما فعلته بعض المواد المكتشفة ، من تطورات ، إلا أن هناك مواداً أخرى ، كان لإكتشافها ، تأثير على تحوُّلات جذريّة ، تناولت أسلوبي التصميم والإنشاء ، فطوّرتهما باتجاه مغاير لما تآلفنا عليه ، ومنها مادة البلاستيك ، إذ أمكن من خلال هذه المادة ، صياغة أشكال إنشائيّة ، مغايرة للمألوف ، كما أمكن من خلالها ، تطوير المنشآت القشريّة ، والمنشآت المؤلّفة من مجموعة من العناصر المتآلفة ، ذات السطوح الخارجيّة المقاومة ، ليعم استخدامها ، في إنشاء وتصميم مختلف أنواع الأبنية ، العامة منها والخاصة .

- **1.14** : بلا شك أن الطبيعة قادرة على تزويدنا ، بأدق الأشكال الإنشائيّة ، وبأكثر المواد كفاءة وعطاء ، لذا كان علينا الإستمرار في البحث ، لالتماس ما تجود علينا الطبيعة من إيحاءات ، وما تغنينا به من مواد دفينة . ونحن بهذا الصدد ، نحتاج إلى تصعيد النظرة ، لتعود إلى بساطة ما كانت عليه نظرة أسلافنا ، فتراثهم قادر إن درس جيّداً ، على إيجاد الحلول لأعقد المشاكل البيئيّة ، التي تصادفنا وستصادفنا في المستقبل .

إن مشكلة المقياس بالطبع ، مشكلة تتعلّق بكيفيّة التكيُّف مع البساطة ، فالنماذج الأولية البسيطة ، سرعان ما تتعقّد ، عند استخدامها مطوّرة في منشآتنا العامة ، إذ أن الحل الأنيق ، يفقد أناقته بسهولة ، إن بولغ في طريقة استخدامه .

- **1.15** : ينبغي أيضاً ، مراعاة القيود العملية ، ودراسة تأثيراتها على العملية الإبداعية ، ومنها دراسة ما للمواد من خواص ، تحدُّ من مدى استسلامنا للفكرة الإبداعية الجائلة في أذهاننا ، فكثيراً ما تكون الوسائل التقنيّة ، والمواد المتاحة ، قاصرة على تنفيذ ما بأذهاننا من أفكار .

● القيود الإنشائيّة المثبِّطة للعملية الإبداعية :

- **2.01** : تتحكّم في كافة أنظمة الإنشاء ، ثلاثة عوامل أساسيّة : الشكل ، تقنيات الإنشاء ، ومواصفات مادة الإنشاء . إن الأفكار الإبداعيّة ، قادرة على ابتكار حلول للمشاكل الناشئة عن الشكل ، وطريقة الإنشاء المثلى . إلا أن المادة ، بما تأصّلت فيها من خواص فيزيائيّة ، تخص وزنها الذاتي ، ومقدار مقاومتها للضغوط والإجهادات المختلفة ، تبقى هي المتحكّمة ، في مدى نجاعة الأفكار الإبداعيّة المقترحة .

* تأثير وحدة القياس :

- **2.02** : إن أردنا زيادة أبعاد منشأة ما ، كأن نضاعف كافة أبعاده الطولية ، بضربها برقم مقاس بوحدة الطول المساوية لـ (١) م ، فإن حجم هذه المنشأة ، وبالتالي وزنها ، يزداد وفق رقم مقاس بوحدة مساوية لـ (١) م^{3} ، بينما تزداد مساحة المقاطع العرضية ، للأجزاء الحاملة ، وفق أرقام موافقة ، ومقاسة بوحدة مساوية لـ (١) م^{2} فقط .

إن ذلك يوقعنا في مشكلة إنشائيّة ، فإما أن نغيِّر من نسب الشكل ، فنزيد من مساحة مقاطعه العرضية الحاملة ؛ أنظر كيف حلّت الطبيعة المشكلة هذه عندما اعترضتها ، بإجراء مقارنة ما بين أرجل النمل وأرجل الفيل ؛ أو أن نتوجّه نحو زيادة مقاومة المواد المكوِّنة للعناصر الحاملة .

2.03 - : إن التصدي للمشكلة ، من خلال زيادة مقاومة المواد المكوِّنة للعناصر الحاملة ، ليس إلا ، مع الحفاظ على النسب الأساسية للمنشأة ، وعلى معامل المرونة المتصفة بها ، المادة المستخدمة هذه ،هو حل غير مقبول ، لثلاثة أسباب .

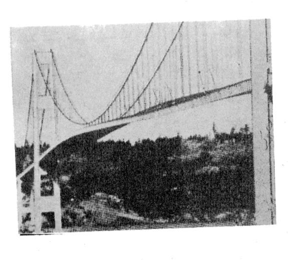
١ - ترافق زيادة الإجهادات عادة ، زيادة في تشوُّهات العناصر الحاملة ، وهي زيادة وإن كانت في حدودها المقبولة إنشائياً ، إلا أنّها تؤثِّر على جودة تنفيذ أعمال الإنهاء ، وغالباً ما تكون مصدر قلق ، لكافة شاغلي ومستثمري المبنى .

٢ - إن مقاومة الأجزاء الحاملة المحصورة ، غالباً ما تنهار ، نتيجة امتطاط أطوال المواد المكوِّنة لها ، زيادة تلقى متنفَّساً طولياً لها ، نتيجة إحكام وثاقيتها ، مع عناصر تحكمها من كل الجوانب ؛ فالأعمدة ، الأطر ،

الشكل(٢ - ١) : يظهر الشكل عدم الإستقرار المرن ، حيث ظهر العجز ، على شكل انحناءات واضحة . تمثِّل الخطوط المنقّطة ، مواضع الجسور الحاملة ، المتواجدة وراء صفائح التغطية المعدنيّة .

البانوهات ، القشريات ، وما شابهها من عناصر ، تنثني وتلتوي حال تعرُّضها لضغط زائد ، وتنهار فور تعرُّضها لضغوط زائدة . فزيادة مقاومة العناصر هذه ، في الواقع ، لا تتأتى إلا عن طريق زيادة معامل مرونتها ، والذي يحد إن زيد ، من قدرة المادة على الإمتطاط ، أنظر الشكل (٢ - ١) .

٣ - إن زيدت أبعاد ، وزن ، ومقاومة المادة ، دون أن ينتابها زيادة في معامل مرونتها ، فإن صلابتها ، تقل نتيجة ارتباط تلك الصلابة ، بكثافة المنشأة ، والتي تقل نسبتها إلى حجم المنشأة ، كلما زاد حجم المنشأة ، فكثافة المنشأة تقل ، كلما زادت أبعادها ، يتولّد عن نقصان الصلابة ، زيادة استجابة المنشأة ، للترددات الإهتزازيّة ، وهي استجابة خطرة ، قد تصل إلى حدّ إحداث الطنين ، وهي حادثة إن تولّدت ، أدّت إلى انهيار المنشأة ، وهذا ما حدث للجسر الذي اعتلاه ، فرقة من الجند ، سارت عليه بخطوات منتظمة ، ولّدت طنيناً ، أدّى إلى انهيار الجسر ، أنظر الشكل (٣ - ١) .



الشكل(٣ - ١) : يظهر الشكل جسراً انهار عام ١٩٤٠ ، تحت أرجل أفراد الجيش ، أثناء مشية نظاميّة ، تمّت على سطحه .

● مادة الإنشاء وتأثيراتها على العمليّة الإبداعيّة :

* القيود النظرية :

- 3.01 : يساعد مفهوم الطول الفعّال للمادة ، في إدراك وتقدير المجاز الأعظمي ، التي يمكن لتلك المادة أن تصله . يحدّد الطول الفعّال ، لقضيب معلّق شاقولياً ، في مقطع عرضي مستمر ، بالطول الذي إن وصله القضيب ، تهشّم عند نقطة التعليق ، تحت تأثير وزنه الذاتي . إن الطول هذا ، المستقل عن أبعاد وشكل المقطع العرضي ، يرتبط بمدى مقاومة المادة القصوى ، للشد الواقع عليها ، وبكثافة أو (بالثقل النوعي) لتلك المادة ، أو بمعنى آخر ، أنّ الطول هذا ، يحدّد نسبة مقاومة المادة إلى كثافتها . يوضّح الجدول (١ ـ ٢) ، الأطوال الفعّالة ، لعدد من مواد الإنشاء ، ضمن مقاطع نظامية . هذا وإن استطعنا ترك نقطة تعليق مقطع عرضي ، لقضيب شاقولي سائبة ، وبنفس الوقت كيّفت لامتصاص كافة أنواع الإجهادات ، الناشئة عن الوزن الذاتي للقضيب ، والتي تبلغ ذروتها عند نقطة التعليق ، فإن طول القضيب الفعّال ، يتحوّل ليصبح طولاً لا متناهياً ، وهذا المفهوم ، سيساعد كثيراً في بناء جسور المستقبل المعلّقة ، والتي ينتظر منها أن تمتد لمسافات طويلة .

اللوحة (١ ـ ١) : تظهر اللوحة أطوال الكسر لمختلف أنواع مواد الإنشاء المعروفة .

المادّة	المقاومة الأعظميّة مقدّرة بـ (kg/mm²)		الكثافة (Kg/m³)	أطوال الكسر (K.m)	
رصاص	1·4		11 514	0·122	
الحديد العادي القابل للطرق 4360,	40		7880	5	
الألمنيوم الإنشائي	30		2727	11	
الحديد الإنشائي عالي المقاومة	70		7880	9	
خشب الصنوبر	10		505	20	
أسلاك معدنيّة عالية المقاومة	220		7880	28	
شعيرات الحرير	—		—	44	
مركّبات الألياف الزجاجية /البوليستر بنسبة (٧٠٪) ألياف	84		1920	44	
مركّبات الألياف الكربونيّة	75		1555	48	
ألياف كربونية	302		1760	173	
ألياف زجاجيّة (S)	460		2525	184	
	+ شد	ضغط		شد	ضغط
بيتون إنشائي عادي	0·35	3·5	2220	0·16	1·6
بيتون عالي المقاومة	2·53	38	2830	0·9	13·5

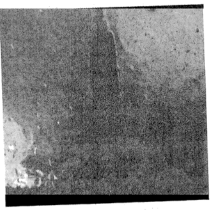
+ : نفترض أنّ مقاومة الشد هي (١/١٠) ومقاومة الضغط هي (١/١٥) للبيتون غير المسلّح العادي وعالي المقاومة .

+ : نفترض عدم حدوث انحناءات للأعمدة المشادة من البيتون العادي ، التي تصل أطوالها إلى الطول الأعظمي النظري هذا.

* التصرُّف أو السلوك الحقيقي والنظري للمادة :

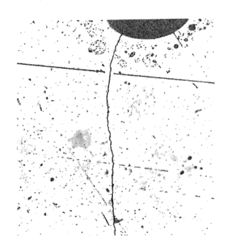
- 3.02 : تندرج مواد الإنشاء ، ضمن تصنيفين رئيسيين ، إذا ما قورنت من حيث سهولة الكسر ، فمنها السيراميك ، القراميد اللدنة ، والحديد القابل للطرق . فالسيراميك مثلاً ، مادة يمكن مدّها طولاً ، دون أن يؤثّر ذلك على تماسكها ؛ فقط ما نسبته (٠,٠١٪) من طولها الطبيعي ، وإن تجاوزنا بها هذه النسبة ، عجزت عن الاستجابة ، وانتابتها تشوُّهات ، بحيث تثبت المادة على شكلها النهائي . أما الحديد القابل للطرق ، فيمكن إطالته بنسبة (١٪) من طوله الحقيقي ، دون أن يؤثّر ذلك على تماسكه ، وإن أطلنا قضبانه ، بنسبة تزيد عن ذلك ، مرّت بمرحلة وسطى ، تكون فيها التشوُّهات ثابتة ، أنظر الشكل (٤ - ١) .

- 3.03 : لقد تمّ التوصُّل إلى النتائج هذه ، وتحليلها ومن ثمّ إدراكها ، فقط منذ أواخر الخمسينات من هذا القرن . تتصف المواد الهشّة ، بسطوح معابة ، إذ تنتشر بها شقوق ، تحدث ارتفاعاً محلياً في الإجهادات المتلقّاة . إن تركيز الإجهاد عند فاصل الشق ، يتزايد طرداً مع زيادة نصف قطر انحناء فاصل الشق ضآلة . ولهذا فإن شقاً غاية في الضآلة ، صغيراً بحيث تستحيل رؤيته بالعين المجرّدة ، قادراً على توليد إجهاد محلي ، يفوق مئة مرّة ، الإجهاد المتولّد عند نقاط المادة الأخرى . إن هذا ببساطة يعني ،

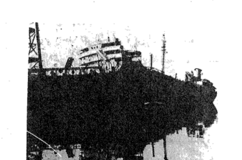


الشكل(٤ - ١) : يظهر الشكل كيفيّة انتشار الشق ، في ثلم آلة مصنّعة من الحديد اللدن ، نتيجة تعرُّضها لعزم انعطاف .

إن الاجهاد إن وصل إلى رقم ، يفوق ($\frac{1}{100}$) من معدّل الإجهاد النظري الأعظمي ، فإنّ الشق ينمو ويستطيل ، إلى أن تتداعى مادة الإنشاء المستخدمة ، أنظر الشكلين (٥ - ١) و(٦ - ١) .



الشكل(٥ - ١) : يظهر الشكل كيف يمكن أن يتولّد شقٌ مشرشر ، نتيجة تعرُض مادّة قصيفة لإجهاد ما ، ولفترة طويلة .



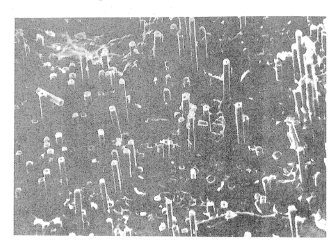
الشكل(٦ - ١) : يظهر الشكل مثالاً نموذجيًا ، للطريقة التي يتم بها ، توسُع شق تولّد في مادّة إنشائيّة .

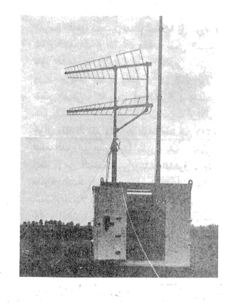
- 3.04 : مما ذكرنا ، يظهر الفرق الجوهري ، ما بين المواد الهشّة وتلك اللدنة ، إذ يصعب في الأولى إيجاد طريقة ، يمكن معها معالجة ما تسبّبه من مشاكل إنشائيّة ، حيث تتداعى الروابط ما بين الذرات ، المتواجدة عند تخوم الشقوق ، واحدة تلو الأخرى ، إلى أن تنهار مادة الإنشاء بأكملها . على أيّ حال ، يحدث في مادة لدنة ، كالحديد القابل للطرق ، وعند فاصل الشق تماماً ، توسّع مرن ، يزداد بموجبه ، نصف قطر انحناء الشق ، مما يدعو إلى تقليص درجة تركيز الإجهاد . نلحظ هذه الحادثة ، في المنشآت المعدنيّة ، المشادة من الحديد القابل للطرق ، خصوصاً حول الزوايا ، فتحات براغي التثبيت ، أو عند أيّ نقطة تتعرّض لإجهاد مرتفع . إن ما يحدث ببساطة ، هو استطالة موضعيّة ، تساهم في إعادة توزيع الإجهادات ، بشكل أكثر انتظاماً .

تطبّق عوامل أمان ، تقي المنشأة من الإنهيار ، دون أن يكون الهدف من تطبيقها ، هو تفادي تحديد مواضع الإجهاد الأعظمي ، تحديداً دقيقاً . إنّ قدرة المواد اللدنة ، على امتصاص آثار سوء التنفيذ ، دون أن تتعرّض سطوحها ، إلى أذىً يفوق مداه ، ما هو مسموح به من تشوُّهات ، يجعل استخدام تلك المواد ، في إنشاء الأبنية ، أكثر أماناً .

الفصل الثاني

مَوَاد الإنشاء الأكثر تطوّراً.





● مركّبات الخيوط الليفيّة : أنظر الشكل (١ - ٢) :

- 1.01 : تكمن يقيناً ، في حقل المركّبات الليفيّة ، الفرصة الذهبيّة لتحسين نسب الصلابة إلى الوزن ، حيث تدفن الشعيرات أو الألياف هذه ، ضمن النسيج الأم . تقوم الشعيرات والألياف هذه ، بتعزيز صلابة المادة ، وربط جزيئاتها بعضها ببعض ، كما تفعل درز الخياطة بقطع القماش ، مما يعيق نمو الشقوق ، وانتشارها على كامل النسيج الأم . تبلغ أقطار الشعيرات أو الألياف هذه حوالي (0.002) ملم ، ويزيد طولها عادة عن (٢٠) ملم . تتخذ الشعيرات هذه ، بنية بللوريّة نقيّة ، تعمل بدورها أيضاً ، على التخفيف من انتشار الشقوق ، وترفع من مقاومة المنشأة ، لتصبح بها مقاومة الغرافيت وكربيد السليكون مثلاً ، حوالي (٢١٠٠) كغ/مم٢ . على أيِّ حال ، اقتصر استخدام الألياف في أيّامنا هذه ، على بعض التطبيقات ، وذلك نتيجة لصغر أطوال الألياف هذه ، وللكلفة العالية التي تتطلبها عمليات إدخال تلك الألياف ، في البنية الأم ، لمواد الإنشاء المعروفة . يمكن إنتاج الألياف بأيِّ طول نشاء ، ومع ذلك تبقى مقاومتها محدودة ، ولا تتجاوز (٤٥٠) كغ/مم٢ ، وذلك بسبب بنية الألياف البللوريّة ، والتي تجعل من سطوح كتلة الألياف ، سطوحاً متقطّعة ، وعرة ، ومتفاوتة المقاومة .



الشكل(١ - ٢) : يجري الشكل مقارنة ما بين اسطوانات نحاسيّة ، جرى إخراجها من قوالب الصب ؛ قبل وبعد تعرُّضها لقوى الضغط . لاحظ التشوُّهات الحاصلة في الحبيبات البللوريّة ، العائدة للمادّة اللدنة .

- 1.02 : كنا إلى وقت قريب ، لا نعرف من المركّبات ، سوى الزجاج المسلّح بمواد بلاستيكيّة . أما اليوم ، فقد أصبحت الألياف الزجاجيّة ، واحدة من سلسلة من مواد التسليح ، المستخدمة في رفع مقاومة مواد الإنشاء ، والتي منها الإسبستوس ، البورون ، الكربون ، كربيد السيليكون ، ونتريت السيليكون . تتنوّع النسج الأم ، الضامّة لهذه المواد ، أو الرابطة لها ، وتشمل : راتينجينات ، البوليستر ، كوبالت ، الألمنيوم ، النيكل ، نيلون ، والبروبيلين . وتجارياً نجد أسماء لأملاح عضوية ، مثل البوليستر ، وهي من أكثر المواد المستخدمة شيوعاً .

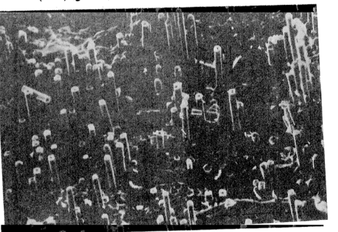
- 1.03 : إنّ ما يهم المهندس من خصائص المواد المسلّحة بألياف هي : مدى مقاومتها للشد ، عامل ينغ (عامل المرونة) ، وكثافتها . يستعرض الجدول (١ - ٢) ، خصائص أهم المواد المستخدمة هذه .

اللوحة (١ - ٢) : تظهر اللوحة خصائص المواد الليفيّة .

الليف	الكثافة (Kg/m³)	مقاومة الشد kg/mm²	عامل يونغ kg/mm²×10³	المقاومة النوعيّة kg/mm²	المُعامِل النوعي
زجاج ماركة (E)	2575	655	7·45	138	2·92
زجاج ماركة (S)	2525	460	8·9	183	3·56
بورون	2385	285	39	119	16·5
كربون	1760	300	23·5	176	13·5
تنغستين	19 595	410	41·8	21	2·16
موليبدينيوم	10 300	230	36·8	22	3·6
فولاذ	7820	425	20·5	54	2·65

ألياف الكربون :

- 2.01 : استخدمت ألياف الكربون منذ مطلع القرن العشرين ، على يد العالم أديسون ، حيث استخدمها في تصنيع الأسلاك الدقيقة ، المستخدمة داخل مصباح الإنارة الكهربائي ، وقد كانت الأسلاك هذه هشّة ، سهلة الكسر ، ويتطلّب التعامل معها ، الكثير من العناية والدراية . أما اليوم ، فقد أمكن تصنيع أسلاك ، مقاومتها النوعيّة تزيد عن (٣٠٠ كغ/مم٢) ، وكثافتها منخفضة جداً ، بحيث أصبحت نسب مقاومتها إلى كثافتها ، تفوق نسب أكثر أنواع الحديد متانة . على أيِّ حال ، تلك الأرقام تخص الألياف بمفردها ، ولا يمكن الأخذ بها ، والألياف مدسوسة ، ضمن مواد أخرى . فعمليّاً يمكن دفن الألياف الكربونيّة ، ضمن نسيج راتنج البوليستر ، أنظر الشكل (٢ - ٢) . هناك أنواع تجاريّة ، تسمّى



الشكل(٢ - ٢) : يظهر الشكل الشقوق التي يمكن أن تظهر في سطح مركّب من الألياف الممزوجة بالسليكا . يظهر الشكل سطحاً مكبّراً حوالي (٢٥٠) مرّة .

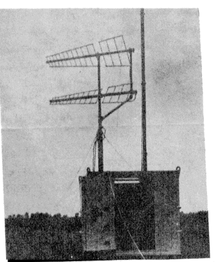
إحداها فاربنوروف، وهي مادة تستخدمها شركات الطيران ، في تصنيع طائراتها ، مقاومتها للشد تساوي (٧٥) كغ/مم٢ . يتألّف الفاربنوروف من ألياف الكربون بنسبة (٤٠٪) ، ومن راتنج البوليستر التقليدي بنسبة (٦٠٪) . وبما أنّ الوزن النوعي لهذا المركّب يساوي (١,٥) ، فإنّ التجربة قد دلّت على أنّ نسبة المقاومة للوزن ، تفوق مرتين وربع ، نسبة مقاومة أكثر الأسلاك المعدنيّة مقاومة للشد ، إذا ما قورنت بوزنها . إنّ أطوال الكسر الموضّحة في الجدول (١ ـ ١) ، تظهر بوضوح التفوّق الهائل لمركّبات الألياف الكربونيّة الراتنجيّة ، إذا ما قورنت ببقيّة المواد .

- 2.02 : لعل أكثر الإستخدامات شعبيّة ، لمركّبات الألياف الكربونيّة ، هو ذاك الذي تمّ استخدامه ، في تصنيع الشفرات الأصلية ، لمراوح ضاغط الرولز رويس (RB 211) ذي العنفة الغازيّة . بلغ طول الشفرة الواحدة حينذاك (١٢٠٠)ملم ، وعرضها (٣٠٠)ملم . لقد كانت هذه الشفرات ، عبارة عن صفائح ، شرّبت مسبقاً بالألياف ، وصبّت في قوالب ، على أن تعرّض أثناء ذلك لحرارة وضغط عال . عند تشغيل المراوح ، ترتفع قوى الإجهاد الداخليّة ، نتيجة القوى النابذة ، وعزوم الإنحناء . إلاّ أنّه ، ونتيجة لمتانة الشفرات النوعيّة العالية ، فإنّ الوزن وبالتالي القوى النابذة ، ستتضاءل تأثيراتها ، إذا ما قورن ذلك ، بشفرات صنعت من مواد معدنيّة تقليديّة . على أيّ حال ، تبقى المواد المركّبة هذه ، مواد هشّة ، سهلة الكسر ، يحطّم بنيانها ، ارتطام حتى عصفور صغير بها ، لذا أخذ بعضهم ، يخلط مواد تصنيع الشفرات هذه ، بمواد تكسبها بعض القساوة ، كالتيتانيوم مثلاً .

- 2.03 : إنّ العمل على تحقيق متانة عالية ، مع الحفاظ على وزن ذاتي متدني للمنشآت بأنواعها ، وجدت متنفّساً لها ، في المجالات التطبيقيّة ؛ عندما بوشر بتنفيذ جسور معلّقة ، بمجازات طويلة . نرى توضيحاً تفصيليّاً لهذا الكلام ، في طائرة الكونكورد ، إذ تبلغ سرعة هذه الطائرة ، ضعف سرعة طائرة البوينغ (٧٤٧) ، بينما تبلغ قدرتها على استيعاب الركاب ، فقد خمس قدرة البوينغ على ذلك . هذا يعني ، أنّ الحمولة المأجورة ، هي حمولة بسيطة ، إذا ما قورنت بالوزن الكلي للطائرة عالية الكلفة هذه ، ونسبتها لا تتعدّى (٥ لـ ٧٪)

من وزن الطائرة ككل . وبذا نرى أنّ توفيراً ولو بسيطاً في وزن الطائرة الذاتي سيتيح لنا استيعاب ركاب جدد ، يقومون بدفع أجور نقلهم ، وبذا تزداد دخول الشركات المستثمرة للطائرات هذه . وتدل التجربة ، أنّ وزناً يقدّر بـ (١٥٠) ليبرة ، يخفّض بها وزن الطائرة الذاتي ، يساهم في استيعاب راكب جديد ، يرفع مقدار دخل الرحلة ، ما نسبته (١٪) من الدخل الكلي .

- 2.04 : يمكن لنا تقليص الوزن الذاتي للطائرة ، ورفع كفاءتها الوظيفيّة ، من خلال استبدال أو تعزيز مواد تصنيعها ، بمركّبات الألياف الكربونيّة . لقد توصّلت بعض الشركات الصانعة ، من خلال إجراءات كهذه ، إلى نتائج إيجابيّة ، تجلّت في تخفيف وزن الجسور الحاملة لأرضية جسم الطائرة ، المخصّص للشحن واستيعاب طاقم الطائرة ، ليصبح وزن الجزء هذا ، ما بين (٢٥ لـ ٢٠٪) من وزنها السابق . إنّ إنقاص وزن الطائرة ، له أهميّة خاصّة أيضاً ، في مجال شحن ونقل التجهيزات جوّاً ، إذ تمكّن صانعوا حُجَرْ التلسكوب ، الحاوية على تجهيزات الرادار ، المحمولة على الطائرة العموديّة ، من تخفيف وزنها الكلي ، أنظر الشكل (٣ - ٢) ، ليصبح وزن الألف ليبرة الأولى من وزنها ، لا يتعدّى (٢٠٠) ليبرة ، وهي وزن الفواصل الإنشائيّة الداخليّة ، التي استبدلت مادتها ، بمركّبات الألياف الكربونيّة .



الشكل(٣ - ٢) : يظهر الشكل حجرة الرادار . يمكننا تقليص الوزن الذاتي ، باستخدام مركّبات ألياف الكربون .

- 2.05 : هناك بالطبع ، اعتقاد خاطىء ، ينصُّ على أن مركّبات الألياف الكربونيّة ، هي دوماً مركّبات سوداء اللون ، وتحوي دوماً على الألياف الكربونيّة ليس إلاّ . تتبنّى التصاميم الأكثر إثارة ، وذات الأشكال التجاريّة، المتعدِّدة ، مفهوماً أكثر عمقاً ، إنّ هذه الأشكال ، تعتمد أساساً ، على قدرتنا في توجيه التقنيّة الجيِّدة ، وعلى جعل إحساسنا بضرورة إقتصاديّة ما نعمل ، في خدمة رفع كفاءة مواد الإنشاء ، المتواجدة ما بين أيدينا ، كالمواد المعدنيّة ، الخشب بأنواعه ، الأسبستوس ، والزجاج المسلّح بمواد بلاستيكيّة ؛ وذلك عن طريق تقسيتها ، ورفع درجة مقاومتها ، مستخدمين لذلك الألياف المناسبة . إنّ ذلك يدعونا إلى القول ، أنّ جسم سيّارة السباق فورد «GT 40» ، المصنّعة من الزجاج المقسّى بألياف كربونيّة ، هو السبب الرئيسي ، الذي من أجله كسبت السيّارة هذه ، السباق الذي جرى في عامي (١٩٦٨ و١٩٦٩) . إذ بينما كان جسم السيارة هذه ، قادراً على تحمُّل السرعات الكبيرة ، كانت أجسام السيارات الأخرى ، المصنّعة من مختلف الأنواع التقليديّة الأخرى ، تتصف بثقل الوزن ، بارتفاع منسوب الضجّة داخلها ، كما كانت تعاني من الإجهادات المرتفعة ، أنظر الشكل (٤ - ٢) .



الشكل(٤ - ٢) : يظهر الشكل هيئة السيّارة التي كسبت السباق . يعزى النجاح لمتانة وخفّة وزن جسم السيّارة المشاد من الزجاج الكربوني .

- **2.06** : إن أهملنا الكلف العالية الحاليّة ، اللازمة لإنتاج الألياف وصبّ المركّبات الراتنجيّة ، نجد أنّ هناك العديد من الأشكال الإنشائيّة ، يمكن أن نُدخِل في تركيبها ، العديد من المواد البديلة . هذا من جهة ، ومن جهة أخرى ، وهي الأهم ، أخذت تبزغ في الآونة الأخيرة ، الحاجة إلى تصميم أشكال إنشائيّة ، ذات مواصفات خاصّة ، تمكّننا من استغلال واستثمار إيجابيات مادة الإنشاء المستخدمة ، بعيداً عن التأثيرات الضارّة ، التي يمكن لتلك المادة ، التأثير بها ، على شكل وطبيعة المنشأة ، بما فيها إستطالة وتشوُّه القالب الأصلي ، الحاصل للمواد الراتنجيّة ، نتيجة الإجهاد المتواصل ، والحرارة العالية .

- **2.07** : لسوء الحظ ، قيّدت التطوُّرات هذه ، ولم تعد تستخدم ، إلاّ على نطاق ضيّق ، وفي صناعات هي بطبيعتها ، صناعات ثقيلة ، وتحتاج إلى أموال طائلة ، كصناعة الطائرات وسفن الفضاء على سبيل المثال ، إذ أنّ الحاجة إلى مقاومات عالية ، وإجراءات حماية من الحرارة العالية أكثر كفاءة ، لا نجدها إلاّ في مثل هذه الصناعات . إنّ مراجعة كل ما كتب في حقل العمارة والإنشاء ، يظهر لنا بوضوح ، ضآلة ما عرضته من أفكار جيّدة ، إذ لم تتعدّ المقترحات المقدّمة ، والساعية وراء توسيع مجالات تطبيق الهندسة الإنشائيّة ، بنظريّاتها ومعطياتها المختلفة ، كونها مقترحات ضحلة ، إذ لم تستفد الهندسة الإنشائيّة من تطوُّر الأساليب الصناعية ، ومن المواد البديلة المكتشفة حديثاً ، بالقدر الكافي لكي تتطوّر خطوات واسعة إلى الأمام . فعلى سبيل المثال ، تمكّنت الصناعات المختلفة ، من تصنيع الجسور المشابهة بشكلها لحرف «I» ، والمسمّاة («Ibeam») ، بتشكيلات متنوِّعة ، ومن مواد متعدِّدة ، إذ أمكن إنتاجها من المركّبات الليفيّة ، مستخدمين لذلك أسلوباً صناعياً ، يسمّى ، أسلوب البثق ، إذ به يتم تصنيع ألياف مستمرّة ، خضّلت مسبقاً بسائل الراتنج ، وشكّلت ضمن أشكال مناسبة ، تدخل بعدها إلى فرن ناره خامدة ، لتشوى الخلطة وتنضج . يمكن التغلُّب على التشوُّهات المحتملة ، والناشئة عن سلوكيّة المواد الراتنجيّة ، أثناء تعرُّضها لإجهادات شدّ مستمرّة ، باستخدام عناصر معدنيّة حلقيّة ، ذات سماكات

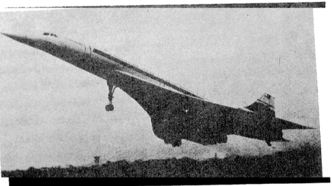
رقيقة ، تحيط بتلك المساحات ، المتوقّع تعرُّضها أكثر من غيرها ، إلى إجهادات الشد . يمكن أن تتشابك الألياف باتجاه واحد ، مشكِّلة شبكة تحيط بالسطح الخارجي للأنابيب بمختلف أنواعها . في أمثال التطبيقات هذه ، نحتاج إلى معادن ، قادرة على تحمُّل ضغوط عالية ، ناشئة معظمها عن إعادة توزيع الإجهادات الداخليّة . إنّ اللدونة التي تتّصف بها المقاطع الحديديّة ، والمتمثّلة بمرور تلك المقاطع بمرحلة السيلان ، تمنع استمراريّة إعادة توزيع الإجهادات ، وبالتالي تمنع زيادة التشوُّهات على مرور الوقت .

- **2.08** : إنّ صواري محطّات الإذاعة ، تعد مجالاً آخر ، يتيح لنا اكتشاف فوائد استخدام الألياف الكربونيّة . إذ نستطيع استخدام أنابيب مستدقّة الطرف ، مصنّعة من مركّبات الألياف الكربونيّة ، كبديل للمنشآت المعدنيّة المتشابكة ، ذات الصبغة التقليديّة . إنّ المشاكل المرافقة لإنشاء صواري محطّات الإذاعة ، هي العزوم الكبيرة المتولِّدة عن الرياح ، وإلى تعرُّضها في الطقس البارد والسيء ، إلى ما يدعو إلى تجمُّد قطعها . هذا ، ونستطيع من خلال مركّبات الألياف الكربونيّة ، حلّ المشاكل هذه ، مستخدمين لذلك ، جدائل ليفيّة ، لإنتاج قطع نحيلة ، هي أبعد ما تكون عن التأثُّر ، بعوامل الطقس المختلفة . إنّ الميزة الهامّة ، التي تتّصف بها مركّبات الألياف الكربونيّة ، ألا وهي المقاومة العالية لقوى الشد ، تجعل منها مادة صالحة لتصنيع الشدّادات ، وأكبال التعليق .

● مركبات الألياف الزجاجيّة :

- 3.01 : ترفع الألياف الزجاجيّة المسلّحة بمواد بلاستيكيّة أيضاً ، من نسبة المقاومة إلى الكثافة ، إذ تصل مقاومتها للشد حوالي (355 kg/mm²) . إلا أنه ولسوء الحظ ، تنخفض عوامل مرونة هذه الألياف ، كثيراً عن مثيلاتها الخاصة بالحديد وألياف الكربون ، لذا كانت صلابة المركّبات الراتنجيّة الزجاجيّة ، تبلغ فقط سُبْع صلابة الحديد . على أيِّ حال ، يمكننا تخفيض التشوُّهات المحتملة ، عن طريق اختيارات مناسبة للشكل الإنشائي .

- 3.02 : تصنّع من مركّبات الألياف الزجاجيّة ، المخروط الأمامي لطائرة الكونكورد ، أنظر الشكل (٥ - ٢) ، إذ يعدُّ الجزء هذا ، أكثر الأجزاء تعرُّضاً للحرارة العالية ، كما تصنّع منها قوارب النجاة ، والأجزاء العليا من هوائيات التلفاز ، والتي يزيد ارتفاعها عن (٣٠٠) متر .



الشكل(٥ - ٢) : يظهر الشكل طائرة الكونكورد . تعدُّ المواد الداخلة في تصنيع أنف الطائرة ، من أكثر المواد مقاومة للحرارة ، إذ ترتفع درجة حرارة أنف الطائرة ، أثناء التحليق ، لتصل حدوداً عالية . صنّع أنف الطائرة من الألياف الزجاجيّة ، كما صنّع الهيكل من بعض المركّبات الخفيفة الأخرى ، بغية إنقاص وزن الطائرة الإنشائي .

- **3.03** : لم يعد يعتمد تسليح مركّبات الألياف الزجاجيّة ، فقط على مواد راتنجيّة ، بل أخذ المصنّعون في الآونة الأخيرة ، يستخدمون البيتون ومركّبات الجص نصف المهدرتة ، في تسليح مركّبات الألياف الزجاجيّة تلك . أمكن من خلال مركّبات الألياف الزجاجيّة المسلّحة ، تصنيع المكوّنات والعناصر الإنشائيّة ، كالبلاطات الأرضيّة المفرّغة ، والفواصل الداخليّة ذات الصفائح المضاعفة ، حيث تمكّن صانعوها ، من تطويرها بنجاح ، وإن لم يصل ذلك ، إلى حدٍّ يمكّننا من استثمارها تجارياً ، وعلى نطاق واسع .

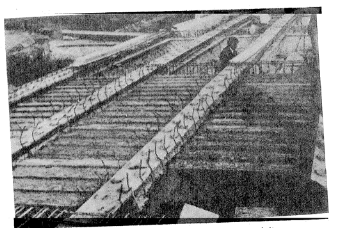
تحاول بعض الشركات الآن ، تطوير زجاج مقاوم للمواد القلويّة ، ليصار إلى استخدامه مع الإسمنت البورتلاندي ، وذلك لكي يصبح المركّب أكثر مقاومة ، وخال من الشروخ .

- **3.04** : تعتمد الشركات هذه أساساً ، على نثر الألياف الزجاجيّة كيفما اتفق ، على أن تحوي الخلطة ، ما مقداره (٥٪) من وزنها بيتوناً . تمزج الخلطة هذه معاً ، بما يجعلها صالحة لتستخدم على شكل رذاذ . تذر مكوّنات الخلطة على سطوح يراد طلاؤها ، فتكسبها حماية وكتامة كبيرتين . يمكن أيضاً معالجة الخلطة هذه ، لتصبح على شكل ألياف . إن كان كميّة الزجاج في الخلطة قليلة نسبيّاً ، فإنّ ذلك يخفّض من صلابة الخلطة ، ويرفع من مرونتها ، إذ يزيد بذلك عامل يونغ ، بمقدار (١٠٪) من قيمته الشائعة .

تصنّع الأنابيب القصيرة ، باستخدام قوالب تدور على محورها ، حيث يرش خليط من الطين الإسمنتي والألياف الزجاجيّة ، والقوالب تدور . إنّ تقنيّة تحويل الزجاج الليفي إلى رذاذ ، تستخدم أيضاً في طلي الجدران ذات المقاطع الغليظة ، مما يكسبها طبقة كتيمة ، تحول تماماً دون نفوذ المياه ، إلى داخل بنية الجدار . تقدّم تقنيّة تحويل الألياف الزجاجيّة إلى طلاء أولي ، حماية للعناصر المطليّة بها ، وتكسبها مقاومة عالية للغاية ، تقيها تأثيرات الصدم الآلي ، إضافة إلى قدرتها على إكساب المادّة المطلاة بها ، مقاومة عالية ، تقيها تأثيرات الحريق . كما يمكن استخدام الألياف الزجاجيّة ، على شكل ألواح تغطّى بها الأسقف من الداخل ، لوقاية المنشأة من انتشار الحرائق ، أنظر الشكل (٨ - ٢) .

3.05- : إنّ إجراءات التصميم الجديدة هذه ، ستعمل على تطوير المركّبات هذه ، اعتماداً على الوظيفة المراد للزجاج أداؤها ، كما ستعزّز من مقاومتها للنيران ، إضافة إلى ما يمكن أن تقدّمه مجموعة الألياف المتوازية هذه ، من قدرات تسليحيّة ، تستغلّها العناصر الحاملة ، لتقويّة مقاومتها لقوى الشد ، فتحلّ بذلك محلّ حديد التسليح ، المستخدم في المنشآت ذات المجازات الطويلة .

3.06- : كما في أيٍّ مادة تركيبيّة أخرى ، لا يجوز استخدام المركّبات الليفيّة ، إلا إذا كان ما توظّف له ، لا يمكن لمادة غيرها أن تقوم به ، إلاّ بكلف إجماليّة مساوية لها ، أو تزيد عليها .



الشكل(٨ - ٢) : تستخدم مركّبات الألياف الزجاجيّة ، كعناصر تطلى بها سطوح العناصر الإنشائيّة ، وهي مركّبات من خصائصها ، قدرتها على البقاء طويلاً ، وحمايتها الأكيدة لتلك العناصر ، من التعرُّض لأخطار الحريق .

● مواد المنشآت المركّبة :

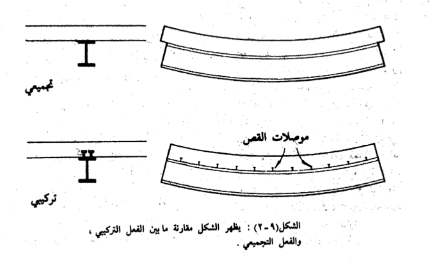
6.01- : تصنّف معظم أنواع المنشآت المركبة ، تحت عنوان أو آخر ، وذلك وفقاً للمواد المشكّلة لها ، أو أنّها تسمّىٰ باسم مجموعة المواد الداخلة في تركيبها . يعدّ البيتون المسلّح ، والألواح البلاستيكية المسلّحة بألياف زجاجية ، شكلين من أشكال المواد الداخلة في تركيب المنشآت المركّبة . هذا وسنعرض هنا ، لمحة عن خصائص هاتين المادتين ، ومجالات استخدامها ، كما سيكون هذا الفصل ، بمثابة إلقاء نظرة علىٰ المواد المركّبة ، وطرق عملها ضمن المنشأة ، كما سيكون بمثابة إشارة إلىٰ أكثر تلك المنشآت شيوعاً .

* تعريف المنشأة المركّبة :

6.02- : يمكن النظر إلىٰ كافّة المنشآت ، علىٰ أنّها ، من قريب أو بعيد ، منشأة مركّبة ، إذ يمكن أن ندعو أيّ شيء يتّصل بعناصر المبنىٰ الإنشائيّة ، بما فيها الحمولات المفروضة ؛ ومن شأنه إجراء تغيير في مواصفات وسلوكيّة المنشأة ؛ مادّة مضافة ، وبالتالي المنشأة المكوّنة منها معاً ، منشأة مركّبة . فعلىٰ سبيل المثال ، يمكن اعتبار مادة الإكساء المضافة إلىٰ هيكل المنشأة ، مع مادّة هيكل المنشأة ، مادّة تركيبيّة ، وذلك لكون مادّة الإكساء ، تلعب بشكل من الأشكال ، دوراً في زيادة مقاومة وصلابة المنشأة .

6.03- : إنّ إحدىٰ الطرق المتّبعة لتحويل المنشأة ، إلىٰ منشأة اقتصادية ، هي إيجاد وسائل تمكّننا من الإستفادة من كامل المقاومة الدفنية ، ضمن بنية مادّة الإنشاء ، والطريقة الأخرىٰ ، وتتلخّص بإيجاد الطرق الكفيلة ، بوقف هدر المواد المستخدمة ، في عمليّة الإنشاء . يمكننا تحقيق الهدفين معاً ، من خلال استخدام عناصر إنشائيّة متباينة ، تدخل معاً في تشكيلة المنشأة ، و/أو باستخدام مواد متكاملة الخصائص ، بحيث تستطيع إحداها ، تعويض النقص الحاصل في الأخرىٰ ، وبذا تقوىٰ المنشأة بإحدىٰ المواد ، إن عجزت باقي المواد ، عن الوصول بالمنشأة ، إلىٰ درجة المتانة المطلوبة . ينبغي أن يتولّد عن هذا الوضع المتآلف ، ما بين مجموعة من المواد الإنشائيّة ، ذات المقاومات المتباينة ، منشأة مقاومتها أكبر بكثير من مجموع مقاومات المواد الداخلة في تركيبها ، فإن لم تكن حصيلة المقاومات كذلك ، تنتفي صفة المواد التركيبيّة عن المنشأة ، لتصبح المنشأة عبارة عن مجموعة من المواد الداخلة ، ضمن تشكيلة المبنىٰ ، أنظر الشكل (٩ - ٢) .

-6.04 : من الضروري دوماً ، أن تبقىٰ المواد المؤلّفة للتركيبة الإنشائيّة ، مواداً متناغمة الخواص ، ضمن كافة الظروف ، التي يمكن للمنشأة أن تتعرّض لها ، خلال سنوات عمر المنشأة الإستثماري ، وذلك لكي تبقىٰ تلك المنشأة ، جزءاً لا يتجزّأ من أجزاء المبنىٰ . فحرارة الشمس المباشرة ، إن تعرّضت لها فجأة شريحة من الإلمنيوم ، مركّبة علىٰ قطعة خشبيّة ، قادرة علىٰ تشويهها وحرفها عن استقامتها ، كما قد تسبّب انفصالها عن القطعة الخشبيّة ، عند نقاط الإتصال .



الشكل(٩-٢) : يظهر الشكل مقارنة ما بين الفعل التركيبي ، والفعل التجميعي .

* أنواع مواد المنشآت المركّبة :

- البيتون المسلّح :

6.05- : تسمّى معظم المنشآت المركّبة ، كما ذكرنا ، بأسماء المواد الداخلة في تركيبها ، ومن أشهر تلك المنشآت ، منشآت البيتون المسلّح . تتكون المنشآت هذه من مادتين ، الأولى هي حديد التسليح ذي المقاومة العالية لـقوى الشد ، وفي حال تحمّله لقوى ضغط عالية ، يصبح عرضة للإنثناء . أمّا البيتون ، فهو مادّة مقاومتها للضغط مقاومة عالية ، بينما تعدُّ مقاومته لقوى الشد ضئيلة جداً . إنّ كلفة البيتون رخيصة ، إذا ما قورنت بأثمان الحديد ، لذا يمكننا من خلال استخدام المادتين معاً ، توفير المبالغ اللازمة لتسديد أثمان الحديد المعرّض لقوى ضغط ، بوضع البيتون مكانه ، ليقوم بدوره في تحمُّل قوى الضغط المفروضة ، أنظر الشكل (١٠ - ٢) . كما أنّ إحاطة

الشكل(١٠ - ٢) : إنّ البيتون المسلّح ، هو من أكثر الأمثلة توضيحاً للفعل الإنشائي التركيبي .

البيتون ، بحديد التسليح المعرّض لقوىٰ ضغط ، يساعده في الحفاظ علىٰ استقامته ، ويمنع عنه الإنثناء تحت وطأة الضغوط المفروضة ، أنظر الشكل (١١ - ٢) .

6.06- : يمكننا تسليح البيتون بمواد أخرىٰ ، كقضبان الخيزران ، المركّبات الليفيّة ، وبالألياف الزجاجيّة . وقديماً كان يسلّح الطين بالقش ، لإنشاء أكواخ السكنىٰ ، كما كانت هناك مدناً أقل تطوّراً ، اعتمدت علىٰ الطين المسلّح بالنباتات والخضار بمختلف أنواعها ، لإنشاء مساكنها ومآويها الخاصّة .

- القطع الخشبيّة المصفّحة :

6.07- : قبل أن يصبح استخدام الحديد الصب أو الفولاذ ، في إشادة المنشآت شائعاً ؛ كان الإنشائيّون يستخدمون الأخشاب المقوّاة بصفائح من الحديد المطاوع . استخدمت جسور القطع الخشبيّة المصفّحة هذه بطريقتين : الأولىٰ واعتمدت علىٰ تلقي الفولاذ للحمولات المفروضة ، تاركة القطعة الخشبيّة بمثابة حماية لها من الإنثناء ؛ والثانية وقد اعتمدت علىٰ توزيع الحمولات ما بين العنصرين المتلاحمين هذين ، حيث يتلقىٰ الخشب

يحيط البيتون بقضبان الحديد لمنعها من الإنثناء

الشكل(١١ - ٢) : يظهر الشكل ، شكلاً آخر من أشكال منشآت البيتون المسلّح .

نصيبه من الحمولة ، تاركاً ما تبقّىٰ ، لتتلقّاه الصفيحة المعدنيّة ، أنظر الشكل (١٢ ـ ٢) . هذا ، وعلىٰ الرغم من ندرة استخدام القطع الخشبيّة المصفّحة في منشآتنا الحديثة ، إلاّ أنّها ما تزال لها دوراً في تقوية الأخشاب القديمة ، المتواجدة ضمن تشكيلة أبنية مشادة ، وبذلك نحول دون تراخي تلك الأخشاب ، وبالتالي رفع متانة المنشأة القديمة .

تشدُّ الروابط المعدنيّة ، ومن ثمّ تغطّىٰ بها العناصر الخشبيّة ، فنضمن بذلك تلقى الرابط لكامل الحمولة ، أو تترك الصفيحة المعدنيّة علىٰ حالها ، لتضاف إلىٰ القطعة الخشبيّة ، وتثبّت عليها ببراغي التثبيت ، أنظر الشكل (١٤ ـ ٢) .

الشكل(١٢ ـ ٢) : يتألّف جسر القطعة الخشبيّة المصفّحة ، من مادتين تركيبيتين ، هما الحديد والخشب .

الشكل(١٤ ـ ٢) : يظهر الشكل الأساليب المتّبعة لتقوية أخشاب بناء مشاد ، باستغلال الفعل التركيبي للحديد .

- البلاطات والبانوهات :

-6.08 : يوظّف الفعل التركيبي ، عن طريق تسليح بلاطات الصوف الخشبي المستخدمة في إكساء الأسطح ، بمجاري معدنيّة ، حيث تزيد المجراة المعدنيّة من مقاومة التركيبة لعزوم الإنثناء ، بينما يحول الصوف الخشبي دون انفتال البلاطات ، أنظر الشكل (١٥ - ٢) .

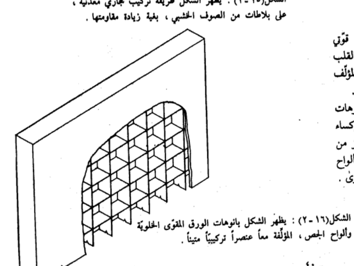
- ألواح الخشب المضغوط :

-6.09 : تتلقّىٰ قشرة خشب اللاتية هنا ، قوّتي الشد والضغط المعرّض لها الحاجز الخشبي ذي القلب الهش . تنتقل الحمولة علىٰ طول الوسط الأساسي ، المؤلّف من النشارة المخلوطة بكميّة من الغراء اللاصق .

-6.10 : شاع مؤخّراً استخدام البانـوهات المخلخلة ، والمشكّلة علىٰ شكل قفص البيض : في إكساء العديد من المنشآت الخشبيّة . تتألّف هذه الحواجز من قشرتين من ألواح الجص ، وهي ألواح بحدّ ذاتها ، ألواح تركيبيّة ، تفصل بينها ألواح خلويّة من الورق المقوّىٰ .

تستخدم سطوح المواد هذه ، كسطوح إكساء نهائيّة تركّب علىٰ الفواصل والجدران الداخليّة ، كما هي دون معالجة ، أنظر الشكل (١٦ - ٢) . يمكننا أيضاً بشكل مشابه ، أن نجعل امتداد تلك الألواح الرقيقة أكبراً ، بإلصاقها علىٰ شرائح خشبيّة ، شريطة أن تكون المسامير والغراء المستخدمين في وصل المواد ، من النوعيّة الجيّدة .

الشكل(١٥ - ٢) : يظهر الشكل طريقة تركيب مجاري معدنيّة ، على بلاطات من الصوف الخشبي ، بغية زيادة مقاومتها .

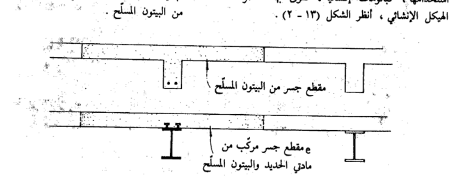


الشكل(١٦ - ٢) : يظهر الشكل بانوهات الورق المقوّى الخلويّة وألواح الجص ، المؤلّفة معاً عنصراً تركيبيّاً متيناً .

ـ الألواح البلاستيكيّة المسلّحة بألياف زجاجيّة :

6.11- : تشابه الألواح البلاستيكيّة المسلّحة بالألياف الزجاجيّة ؛ البيتون المسلّح من عدّة وجوه ، إذ تقوم جدائل الألياف الزجاجيّة ، بتقوية النسيج الراتنجي الهش ، وجعله أكثر مقاومة لقوى الشد ، هذا ، وإنّ المادّة بحدّ ذاتها ، تعمل عمل المواد التركيبيّة ، إذ يمكننا استخدامها ، كبانوهات إكسائيّة ، تقوّى بها عناصر الهيكل الإنشائي ، أنظر الشكل (١٣ - ٢) .

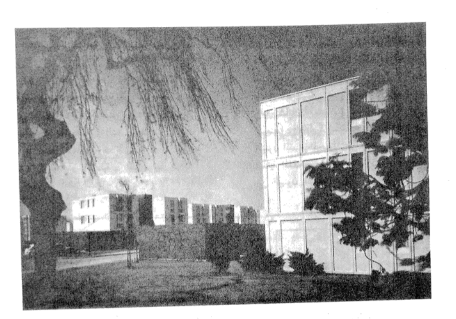
6.12- : يمكننا استخدام أمثال المواد التركيبيّة هذه ، دون أن تكون لدينا خلفيّة معرفيّة عميقة ، بطبيعة تلك المواد . توجد على أيّ حال ، شكلين من أشكال المنشآت التركيبيّة ، نستخدمها بكثرة في أبنيتنا المعاصرة ، وهما منشآتان أو مادتان تركيبيّتان ، لا بدّ من دراسة وفهم طبيعتهما ، إن أريد استخدامها : أولاهما وتدعى منشآت البيتون المسلّح المحمولة على عناصر معدنيّة ، وثانيها المواد البنائية المسلحة بالحديد الإنشائي ، أو المحمولة على دعائم من البيتون المسلّح .



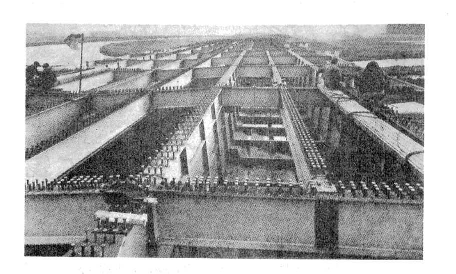
الشكل(١٨ ـ ٢ ـ آ) : البلاطة محمولة على جسر بيتوني ساقط .

الشكل(١٨ ـ ٢ ـ ب) : البلاطة محمولة على جسر معدني ، مشكّلين معاً ، عنصراً تركيبياً متيناً .

الشكل(١٨ ـ ٢) : يظهر الشكل أرضيّة من البيتون المسلّح .



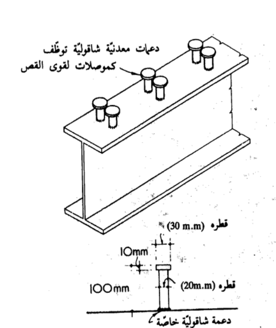
الشكل(١٣ - ٢) : أنشيء المبنى الموضّح في الشكل هذا ، من ألواح بلاستيكيّة مسلّحة بألياف زجاجيّة ، وهي مادّة كما نرى تركيبيّة بحدّ ذاتها ، تتّصف بمقاومتها العالية لتغيُرات الطقس . جمعت هذه المادّة ، جمعاً تركيبيّاً إلى مادّة الخشب ، مما أتاح لنا الإمتداد بها ، إلى مسافات ومجازات واسعة .



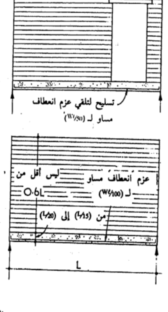
الشكل(١٧ ـ ٢) : يظهر الشكل كيفيّة تثبيت الدعامات الحديديّة الشاقوليّة ، على سطح الجسر العلوي ، بغية الحصول على الفعل التركيبي ، المتمثّل بتوزيع الحمولات على كلٍّ من البلاطة البيتونيّة ، والجسر المعدني الحامل .

- البيتون المسلّح المحمول على دعمات معدنيّة :

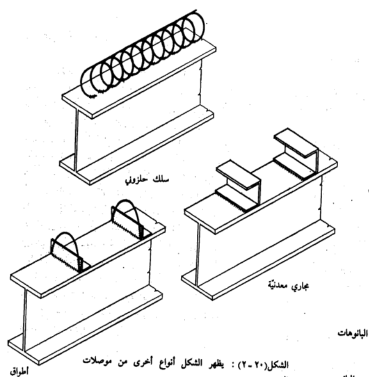
- 6.13 : إنّ الشكل الشائع للمنشأة هذه ، هي التي على شكل بلاطات من البيتون المسلّح ، محمولة على إطار هيكلي من الحديد . تصمّم الجسور ، عندما يكون البناء بالكامل من البيتون المسلّح ؛ على شكل جسور مشابهة في شكلها لحرف «I» ، مع بلاطات تعمل كشفاه مضغوطة ، ممتدة ما بين الأعمدة ، أنظر الشكل (١٨ - ٢ - آ) . يمكننا بنفس الطريقة ، استخدام بلاطات من البيتون المسلّح ، محمولة على جسور معدنيّة ، شكلها مشابه لحرف «I» ، أنظر الشكل (١٨ - ٢ - ب) . في معظم الحالات ، لا بدّ من تزويد التركيبة ، برباط ميكانيكي ، يوضع ما بين الجسر والبلاطة ، وظيفته تلقّي قوى القص الأفقيّة ، وبذا تصبح التشكيلة ، تشكيلة تركيبيّة ، تعمل بروح واحدة . لتحقيق ذلك ، تصنّع الموصلات الحاملة لقوى القص ، على شكل دعمات شاقوليّة ملحومة على السطح العلوي للجسر ، ومغموسة ضمن بيتون البلاطة ، أنظر الأشكال (١٧ - ٢) ، (١٨ - ٢ - ب) و (١٩ - ٢) . هناك طرق بديلة ، نرى توضيحاً لها في الشكل (٢٠ - ٢) .



الشكل(١٩ - ٢) : تشكّل الدعمات المعدنيّة الشاقوليّة ، موصلات قص ، تربط ما بين الجسر والبلاطة المسلّحة ، المحمولة على الجسر المعدني .



الشكل(٢٢ ـ ٢) : يظهر الشكل قواعد تصميم البانوهات الحجريّة ، المركّبة على جسور من البيتون المسلّح .
الشكل(٢٢ ـ ٢ ـ آ) : حالة البانوهات المصمتة .
الشكل(٢٢ ـ ٢ ـ ب) : حالة تواجد فتحات ضمن البانوه الجداري .



الشكل(٢٠ ـ ٢) : يظهر الشكل أنواع أخرى من موصلات القص .

ـ الكتل البنائيّة المحمولة علىٰ دعائم من البيتون المسلّح :

ـ **6.14** : يعتمد أسلوب التصميم التقليدي ، للعتبة الحاملة لجدار بنائي ، علىٰ افتراض مقتضاه ، أنّ العتبة تقوم بتلقي الحمولات المفروضة ، علىٰ جزء مثلثي الشكل من الجدار ، قاعدته قاعدة الإستناد ، ورأسه ذروة الجدار ، أنظر الشكل (٢١ ـ ٢) ، بينما تبقىٰ الكتل الجداريّة الواقعة خارج المثلّث هذا ، بمثابة قوىٰ ضغط ، تتلقّاها الأعمدة الجانبيّة . إلاّ أنّ الأبحاث المجراة في العقدين الماضيين ، قد أكّدت علىٰ وجود الفعل القوسي ، المشتمل علىٰ الفعل التركيبي ، والمقسّم بدوره إلىٰ فعلين ، الأوّل ويتمثّل بقوىٰ الشد التي يتلقّاها الجسر ، والثاني ويتمثّل بقوىٰ الضغط ، التي يتلقّاها الجدار أو جزءاً منه . وبما أنّ معظم ارتفاعات البانوهات الجداريّة ، تعادل مجازات أو أطوال الجدران هذه ، فإنّ من الخطأ تطبيق نظريّة العزم الكلاسيكيّة الموضّحة في الجزء الثالث . يستخدم لحلّ هذه المنشآت ، نظريّات تجريبيّة ، تعتمد التجربة في استنباط قوانينها .

ـ **6.15** : بالمقارنة مع منشأة البيتون المسلّح ، لا نجد هنا مايدعو إلىٰ تركيب رابط خاص ، ما بين الجسر والبانوه الجداري ، ولا إلىٰ اتخاذ تدابير خاصّة ، أثناء إنشاء الكتلة البنائيّة ، إذ ينمو الفعل التركيبي ، بسرعة تزايد وزن الكتلة البنائيّة .

الحمولة التي تتلقّاها
العتبة
60
60

الشكل(٢١ ـ ٢) : يظهر الشكل الفعل التركيبي ، المتولّد ما بين البانوه البنائي ، والإطار البيتوني . تعدُّ مساحة جدار البلوك ، الخارجة عن خطوط مثلّث التحميل ، بمثابة حمولة تتوزّعها الأعمدة الجانبيّة .

ـ **6.16** : ينبغي في كل الأحوال ، أخذ تأثيرات فتحات النوافذ والأبواب ، المتواجدة ضمن الكتلة البنائيّة : بعين الإعتبار . يتولّد فعل تركيبي ذي شأن ، إن كانت هناك فتحات واسعة ، إلىٰ جوار الدعامات الحاملة ، في حين تتضاءل تلك التأثيرات ، إن كانت الفتحات ، فتحات صغيرة ، واقعة إلىٰ جوار منتصف المجاز .

ـ **6.17** : إنّ قواعد التصميم لمجاز طوله (L) ، أنظر الشكل (٢٢ ـ ٢) ، هي كالتالي :

١ ـ ينبغي أن يكون الإرتفاع الأصغري للجدار مساوياً لـ (LX0.6) .

٢ ـ ينبغي أن يكون عمق الجسر ما بين ($\frac{L}{20}$ و $\frac{L}{15}$) .

٤٧

٣ ـ ينبغي أن يصمّم تسليح الجسر ، على أساس أنّه معرّض لعزم انعطاف مقداره : $\frac{W\ell}{100}$: إن كان البانوه مستوياً ، أو كانت الفتحات فقط ، عند منتصف المجاز . و $\frac{WL}{50}$: إن كان الجدار حاوياً علىٰ فتحات تقع إلىٰ جوار الدعامات الجانبيّة .

٤ ـ ينبغي أن يدفن المقطع المعدني ، المستخدم عوضاً عن جسر البيتون المسلّح ، ضمن البيتون ، وعندها يصمّم المقطع لتحمُّل عزوم تساوي $\frac{WL}{50}$.

٥ ـ إن كانت الحمولات المنقولة ، من السقف مثلاً ، قد تحوّلت إلىٰ حمولة مركّزة ، تقع عند منسوب الجسر ، فإنّ من الضروري عندها ، ربط الجسر إلىٰ البانوه المتواجد في الأعلىٰ ، بقطعة ما ، قادرة علىٰ تعزيز العنصر ، وجعله أكثر قدرة علىٰ تحمُّل قوىٰ الشد . تركّب شرائح من الحديد المبسّط ، للربط ما بين الوصلات الشاقوليّة ، أو توضع قضبان حديْديّة ، لهذا الغرض ، ضمن فجوات الكتل الجداريّة المفرّغة .

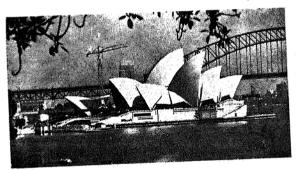
الفصل الثالث

• مُواصفات المُنشآت بأشكالها الجديدة

● المقدِّمة :

تناولنا في الفصل الأوّل ، كيفيّة التغلُّب على معظم المعيقات البيئيّة والعمليّة ، التي تحول دون وصول شكل ومتانة المنشأة ، إلى ما نحلم به كمعماريين . كما تناولنا في الفصل الثاني ، الجهود المبذولة لتطوير واكتشاف مواد جديدة ، تساهم في عمليّة تطوير شكل المنشأة ، وتطويعها لخدمة أغراض ، فرضتها تطوُّرات الحياة .

سنتناول في الفصل هذا ، انعكاسات الجهود المبذولة هذه ، ومساهماتها في تطوير شكل المنشأة . كما سيتبيّن لنا ، ومن خلال أمثلة واقعيّة ، الإنطلاقة الكبيرة ، التي شهدها حقل الإنشاء ، حيث أصبحت تشاد الأبنية ، استجابة للعديد من الإحتياجات الإنسانيّة الجماعيّة ، مسايرة بذلك ، حتى أحلام المعماريين ، ومحقّقة مخطّطات ، كانت إلى أمد قريب ، من المستحيلات التي يتعذّر تنفيذها .



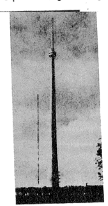
● الجسور :

ـ 1.01 : يُظْهر التطوُّر في تصميم الجسور ، وربّما أكثر من أيِّ مجال آخر ، من مجالات التصميم الإنشائي ، كيف أمكن الوصول إلى أشكال جديدة ، من خلال اكتشافات حديثة ، تناولت بالتطوير مواد وأساليب الإنشاء التقليديّة . تولّدت الخبرة ، نتيجة الحاجة إلىٰ تطوير ينال منشآت عاجزة عن أداء وظائفها ، ونتيجة للوصول إلىٰ معلومات ذات قيمة ، تناولت أساليب التصميم .

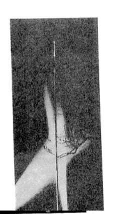
أظهرت الكارثة التي أدّت إلىٰ انهيار الجسر الحامل لسكة قطار عام ١٨٧٩ ، أهميّة قوىٰ الرياح ، وأهميّة تأثيرها علىٰ الجسور الحاملة . كما أكّد انهيار الممرات الضيِّقة في عام ١٩٤٠ ، أهميّة تجربة الأنفاق الهوائيّة ، والتي أصبحت اليوم ، من الممارسات العاديّة ، التي تجرى قبل تصميم وإنشاء الأنفاق بمختلف أشكالها ، لقد أدّت الشروخ الناشئة عن سوء لحام الحديد عالي المقاومة ، إلىٰ انهيار أحد الجسور ، بينما تظهر الإنهيارات الحديثة للجسور ذات العوارض الصندوقيّة ، المصنّعة من صفائح معدنيّة ، الحاجة إلىٰ اختيار أساليب التصميم والإنشاء بعناية أكبر ، مما يكفل للمنشأة ، التصدي لقوىٰ الإنبعاج ، التي يمكن أن تتعرّض لها الصفائح المعدنيّة عالية الإجهاد .

ـ 1.02 : توضِّح بنية الجسر التخطيطيّة أيضاً ، العلاقة الداخليّة الرابطة ما بين المقياس ونظام الإنشاء . تستخدم العديد من العناصر الحاملة ، إضافة إلىٰ الروافد الحاملة ، إن زادت المسافة ما بين الأعمدة الحاملة عن (٣٠٠) متراً . فإن كان المجاز مثلاً ، محصوراً ما بين (٣٠٠ لـ ٥٥٠) متراً ، لتطلّب ذلك ، شبكة من الروافد الظفريّة ، ومجموعة من الأقواس المعدنيّة . بينما إن زاد المجاز عن (٦٠٠) متراً ، فإنّ ذلك سيدعونا إلىٰ استخدام نظام تعليق شامل . تنفّذ الجسور ، التي تزيد مجازاتها عن (١٤٠٠) متراً ، معلّقة علىٰ أكبال معدنيّة ، حيث تبقىٰ حرّة ، لا قيد عليها . في ضوء غياب أيِّ حمولة خارجيّة مطبّقة ، يمكننا نظريّاً الإمتداد بالجسر إلىٰ مسافة (٣٥) كم ، مستخدمين لذلك ، أسلاك معدنيّة ذات مقاطع ثابتة ، ومقاومتها تساوي (200 Kg /m.m²) . ووفقاً لبعض النظريّات الإنشائيّة ، يمكننا جعل المجاز يمتد إلىٰ مسافة تزيد عن (١٠٠) كم ، مستخدين الأسلاك ذاتها ، ولكن بمقاطع مغايرة .

لابدّ ، للحصول على قوىً أصغريّة ، من ترك الأكبال تتدلّى حرّة ، وفق منحني السلسلة الخاص بها ، بحيث تكون مسافة تدلي الأكبال ، تعادل ثلث مسافة المجاز ، وهذا ما يدعونا إلى بناء أبراج حاملة للأكبال ، إن كان مجاز الجسور كبيراً . لقد أتاحت لنا عناصر التغطية الرقيقة ، المخصّصة لتغطية المساحات ، المستخدمة لعبور السيارات والمشاة ، وكذلك الأكبال عالية المقاومة ، الوصول إلى مجازات تزيد عن (١٤٠٠) م . تطبّق عوامل مشابهة ، لإنشاء الأبنية العالية والأبنية البرجيّة . فعلى سبيل المثال ، يمكننا الوصول إلى ارتفاعات تزيد عن (٥٠٠) متراً ، إن استخدمنا صواري ، نسب مقاومتها إلى وزنها عالية ، ومشادة على أكبال معدنيّة ، أنظر الشكل (١ - ٣ - آ) والشكل (١ - ٣ - ب) .



الشكل(١ - ٣ - آ) : يظهر الشكل برجاً مستقلاً للبث الإذاعي والتلفازي ، وهو عبارة عن برج بيتوني مستقل ، محمول بذاته ، يشكّل البرج هذا ، واحداً من أكثر المنشآت ارتفاعاً في بريطانيا ، إذ يصل ارتفاعه إلى حوالي (٣٦٠) متراً .



الشكل(١ - ٣ - ب) : يظهر الشكل برجاً معدنيّاً اسطوانيُّ الشكل ، يصل ارتفاعه إلى حوالي (٤٢٠) متراً .

* مجازات الأحزمة البيتونيّة المضغوطة :

ـ 1.03 : تعدُّ حظيرة طائرات الجامبو ، الموضّحة في الشكل (٢ ـ٣) ، واحد من أضخم الأبنية ، المعتمد

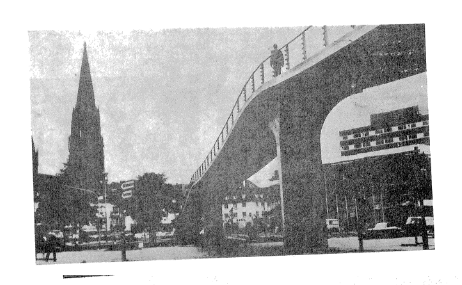


الشكل(٢ ـ ٣) : يظهر الشكل حظيرة لطائرات البوينغ (٧٤٧) ، وهي منشأة أشيد سقفها من عناصر خفيفة ، تدلّت وفق منحنيها الطبيعي ، المسمّى منحني السلسلة ، على طول مجاز ، يمتد إلى مسافة (١٣٥) متراً ، تدعمها أكبال مثبّتة على أطر مشادة من البيتون مسبق الإجهاد .

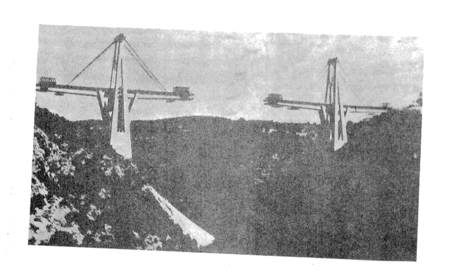
إنشاؤها على الأطر البيتونيّة ، إذ يصل مجازات جسورها إلى حوالي (١٣٥) متراً . هذا ، ولم نصل إلى اليوم ، إلى الحدّ النظري الممكن لهذه المجازات ، إذ افترض البروفسور (Finsterwalder) ، إمكانيّة الوصول بهذه الطريقة ، إلى مجازات تزيد عن (٤٦٠) متراً ، بينما أوضح الواقع التنفيذي ، أنّ جسر المشاة ، المشاد في المانيا الغربيّة ، معتمداً على المبدأ هذا ، بلغ مجازه الأعظمي حوالي (٤٢) متراً فقط ، أنظر الشكل (٣ ـ ٣) .

* الكبل الحامل للجسور البتيونيّة :

ـ 1.04 : يوضّح الشكل (٤ ـ٣) ، أطول مجاز رئيسي منفّذ حتى الآن ، لجسر بيتوني محمول على أكبال معدنيّة ، إذ بلغ مجاز الجسر (٢٨٢) متراً ، مما جعله ثالث أطول مجاز بيتوني في العالم . يتميّز الشكل هذا من الجسور المعلّقة ، بدعامتين بيتونيتين ، تشكّلان بوابتين ، تتخذان لنفسهما شكل حرف (A) ، وبينهما دعامة لها ساقين مائلين ، يقومان بحمل وسط أرضيّة الجسر . تحمل أطراف أرضيّة الجسر من الأمام ، على زوج من أكبال التعليق ، ومن الخلف على زوج آخر منها . اتبع في بناء الجسر هذا ، أسلوب التشكيلات الظفريّة المتحرّكة ، وهو



الشكل(٣ - ٣) : يظهر الشكل جسر مشاة ، مؤلف من أوشحة مشادة من البيتون مسبق الإجهاد .

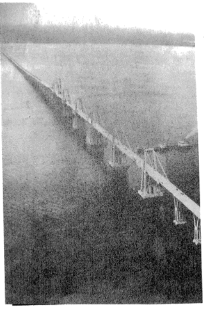


الشكل(٤ ـ ٣) : يظهر الشكل نموذجاً لجسر بيتوني معلّق على أكبال ، يبلغ المجاز الرئيسي للنموذج هذا ، حوالي (٢٨٢) متراً .

أسلوب مناسب للوصل ما بين هضبتين تقعان على كتفي واد سحيق . يوضح الشكل (٧ - ٣) ، إحدى التطبيقات الشائعة للجسور البيتونيّة ، المحمولة على أكبال التعليق . وكما نلاحظ ، يمتد الجسر هذا ، مخترقاً النهر ، مسافة تقارب بامتدادها التسعة كيلو مترات ، وتغوص دعماته في الأرض الطينيّة ، مسافة تتراوح ما بين (٣٠ لـ ٤٥) متراً . يتألّف الجسر هذا ، من خمسة فتحات رئيسية ، مجاز كلّ منها (٢٣٥) متراً . لقد اختير الشكل هذا ، بديلاً عن منشأة معدنيّة ، لكون كلف صيانته ، تقلّ كثيراً عن مثيلاتها ، من المنشآت المعدنيّة .

* الأكبال الحاملة للجسور المعدنيّة :

- 1.05 : لقد انتشر هذا الأسلوب من الجسور كثيراً في المانيا ، بعد الحرب العالميّة الثانية . امتازت الجسور هذه ببساطتها ، وخفّة وزنها . تتألّف الجسور هذه ، من منشأة صندوقيّة خفيفة ، على شكل شبه منحرف ، محمولة على أبراج منفصلة ، بواسطة أكبال مفردة . تصل المجازات الرئيسية للجسور هذه ، إلى حوالي (٢٣٠) متراً ، كما يمكن أن تصل إلى حوالي (٦٠٠) متراً .

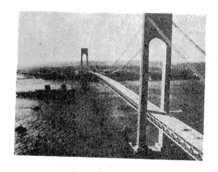


الشكل(٧ - ٣) : يظهر الشكل جسراً مؤلفاً من جوائز وبلاطات بيتونيّة مسبقة الصب ، وأخرى مسبقة الإجهاد . يمتد الجسر لمسافة تسعة كيلومترات ، موزّعة على خمسة مجازات رئيسيّة ، كلّ منها يساوي (٢٣٥) متراً ، تنتهي من طرفيها ببلاطات محمولة على قواعد مغمورة ضمن أرضية حوض المياه هذا .

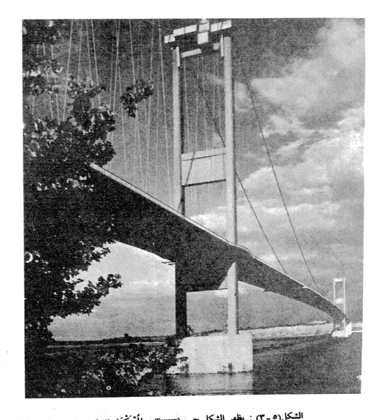
* المصاطب المصندقة :

ـ 1.06 : لقد طرأ على أسلوب تصميم جسور التعليق التقليديّة ، تغييرات أساسيّة ، في السنوات الأخيرة ، نتيجة ظهور واكتشاف إمكانيات المصاطب المصندقة خفيفة الوزن ، ظهور تقنيّات تنفيذيّة متطوّرة ، بما فيها امكانيّة عمل نماذج مشابهة ، وتجريبها وهي خاضعة لظروف مشابهة تماماً للظروف الواقعية ، وأخيراً نتيجة لإدخال الحاسب في العمليّات الحسابيّة ، ممّا مكّن من حلّ جملٍ إنشائيّة ، كان يستحيل سابقاً ، أو يصعب حلّها . يوضح الشكل (٥ ـ ٣) ، مثالاً نموذجيّاً لتصميم معاصر . أنجز التصميم واستكمل تنفيذه عام ١٩٦٦ ، ولقد بلغ مجازه (٩٧٢) متراً ، وكان وزنه خفيفاً بشكل يلفت النظر ، إذ بلغ وزن المتر الطولي منه أربعة آلاف كيلو غرام ، مقابل (٥٠ ٠٠٠) كيلو غرام ، للجسر المقام في نيويورك ، أنظر الشكل (١٠ ـ ٣) ، والبالغ مجازه (٢٨٠) متراً ، وهو الجسر الذي يعدُّ من أكبر الجسور المعلّقة مجازاً .

لقد تمّ الإستغناء ، نتيجة النقصان الهائل في الوزن الذاتي للجسر ، عن الصفائح المعدنيّة عاليّة المقاومة ، المركّبة على كلا برجي التعليق . والأهم من ذلك ، تمكّنا من تقليص سماكة المصطبة المصندقة .



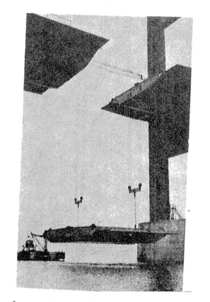
الشكل(١٠ ـ ٣) : يظهر الشكل جسراً افتتح في نيويورك عام ١٩٦٤ ، يبلغ مجازه الرئيسي حوالي (١٢٨٠) متراً ، وتعدُّ المسافة هذه ، واحدة من أطول مجازات الجسور المعروفة .



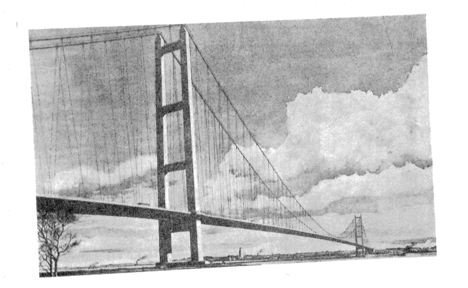
الشكل(٥-٣) : يظهر الشكل جسر (Severn) ، المُسْتَكمَل إنشاؤه عام ١٩٦٦ . يعدُّ الجسر هذا ، نموذجاً لجسر أشيدت أرضيّته على نمط الأرضيّات المصندقة . يبلغ المجاز الرئيسي للجسر حوالي (٩٧٢) متراً ، ووزن المتر الطولي منه حوالي (٤٠٠٠) كغ ، وهو وزن يساوي ($\frac{١}{١٢}$) من وزن المتر الطولي للجسر الموضّح في الشكل (١٠-٣) .

تعرّضت النماذج الشبيهة للنماذج الحقيقيّة ، إلىٰ كلّ ما يمكن أن تتعرّض له المنشأة ، وهي علىٰ أرضيّة الواقع ، إذ جرّبت بروج التعليق ، ودرست متطلّبات ثباتها ، فيما لو تعرّضت لرياح المنطقة ، كما درست في حالة الوقوف الحر . درست أيضاً تفاصيل التنفيذ ، وحدّدت الإمكانيات والإجراءات الواجب اتخاذها ، إذ درست إمكانيّة طفو وحدات أرضيّة الجسر ، كما درست تأثيرات الرياح عليها ، أثناء عمليّة رفعها وتثبيتها في مكانها المناسب ، أنظر الشكل (٨ ـ ٣) .

ـ **1.07** : ما زالت إمكانيّة زيادة مجازات الجسور ، نصب أعين إنشائيي الجسور . فقد حاول إنشائيو الجسور ، تقليد جسر «Severn» ، بإنشاء جسر «Humber» علىٰ شاكلته ، من حيث أسلوب الإنشاء ، ومخالف له من حيث امتداد مجازه الرئيسي ، إذ بلغ مجاز جسر (Humber) الرئيسي حوالي (١٣٩٦) متراً ، وهي مسافة تشكّل (٤٠٪) من الطول الإجمالي للجسر ، أنظر الشكل (٦ ـ ٣) . أنشىء في عام ١٩٥٠ ، جسراً بمجاز رئيسي وصل إلىٰ حوالي (١٥٢٤) متراً ، ومؤهّلاً لحمل طريق وسكّتي قطار . كما اقترح أحد الإنشائيين ، بناء



الشكل(٨ ـ ٣) : يظهر الشكل جسراً قيد الإنشاء ، حيث توضّح اللقطة ، كيفيّة رفع المقطع ذي الشكل الصندوقي ، بهدف إغلاق المجاز الجانبي .



الشكل(٦ - ٣) : يظهر الشكل الجسر المسمّى جسر «Humber» ، وهو ما زال قيد الإنشاء . يبلغ المجاز الرئيسي للجسر حوالي (١٣٩٦) متراً ، وقد استخدمت في إنشائه ، البلاطات المعدنيّة المصندقة .

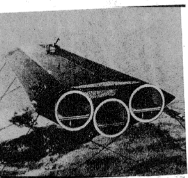
جسر معلّق علىٰ القناة الإنكليزيّة ، يبلغ طوله حوالي ستة وثلاثين كيلو متراً ، أنظر الشكل (٩ ـ ٣) . يصل المجاز الرئيسي للجسر المفترض ، حوالي (٢٤٠٠) متراً ، وذلك لإتاحة المرور السهل ، للسفن العابرة للأزقّة ، ذات المياه العميقة . حوىٰ التصميم حلاً بديلاً ، اعتمد علىٰ الإستفادة الإيجابيّة ، من مبدأ طفو المواد القابلة للطفو علىٰ سطح الماء ، وهو حلّ مناسب للمناطق المعرّضة للزلازل الأرضيّة . يعتمد الحل ، علىٰ ربط الجسر ، بسلاسل وأكبال حديديّة ، إلىٰ قاع حوض المياه ، أنظر الشكل (١١ ـ ٣) .

ـ **1.08** : كما رأينا ، يعتمد تحديد مجازات المنشأة ، بشكل رئيسي ، علىٰ نسبة المقاومة إلىٰ الوزن ، كما رأينا ، لكلّ مادة شكلاً أمثلاً ، يمكن لها أن تتشكّل علىٰ هيئته ، فالأقواس شكلاً مناسباً للبيتون ، والأشكال المتدلاّة ، هو الحلّ الشكلي المناسب لمادّة الحديد .

لم يصل البيتون والحديد بعد ، إلىٰ مجازاته النهائيّة ، وليس من المحتمل ، علىٰ المدىٰ المنظور ، وصولهما إلىٰ الطول الأعظمي لهما ، خصوصاً وأنّ مجالات الإستفادة من مواد تقلّل من نسبة أوزان تلك المواد ، وترفع من

الشكل(٩ ـ ٣) : يظهر الشكل ، النموذج المقترح للجسر المعلّق ، المراد إشادته على القناة الإنكليزيّة . صمّم النموذج المقترح عام ١٩٧٣ .

مقاومتها ، ما زالت محلاً لتطوُّرات سريعة . لقد أثبت الحديد في السنوات الأخيرة ، علىٰ قدرته علىٰ زيادة اقتصاديّة المنشأة ، من خلال تطوير أساليب إنشاء الجسور المصندقة ، وسيأتي اليوم الذي نستطيع فيه ، وصل الجزر الواقعة في عرض البحار ، بالأرض اليابسة ، من خلال جسور عريضة ، تستوعب وسائل النقل بمختلف أنواعها .



الشكل(١١ - ٣) : يظهر الشكل ، الجسر المقترح لعبور قناة مائيّة ، وقد اشترك الإقتراح هذا ، بمسابقة أجريت لهذا الغرض ، وفاز بها عام ١٩٧٠ . يستفيد الجسر في إنشائه ، من خاصيّة طفو الأجسام ، ممّا دعا المصمّم إلى ربط الجسر ، بأكبال معدنيّة قويّة ، مشدودة إلى قاع القناة .

● الأبنية العالية :

- 2.01 : قام الإنشائيون في السنوات الأخيرة ، بمحاولات مستمرّة ، غايتها التوصُّل إلىٰ أساليب فعّالة ، تساعد على تنفيذ أبنية عالية . تقف صعوبات ترخيص مثل هذه الأبنية ، حجر عثرة في طريق تقدُّم أساليب تنفيذها ، فمعظم أنظمة بناء الدول الأوروبية ، وبريطانيا على رأسها ، تضع شروطاً قاسيّة على من يريد الامتداد بمنشآته شاقوليّاً ، مسافة تزيد عن (١٦٠) متراً .

صمِّمت العديد من الأبنية ، التي يتراوح ارتفاعها ما بين (٦٠) لـ (١٢٠) متراً ، وشاع تنفيذها في مختلف المدن الأوربيّة . ويبقىٰ المبنىٰ الرئيسي ، من مجمّع بنك ويستمنستر الوطني ، والمراد إشادته في مدينة لندن ، والذي يصل ارتفاعه إلىٰ حوالي (٢٠٠) متراً ، واحداً من لإستثناءات القليلة ، التي وافقت عليها بلديّات المدن الأوروبيّة ، أنظر الشكل (١٢ - ٣) .

ـ 2.02 : عكست أساليب إنشاء الأبنية ، التي يزيد ارتفاعها عن خمسة وأربعين متراً ، في العشرينات والثلاثينات من هذا القرن ، مجمل التوسّع الذي طرأ على أساليب الإنشاء التقليديّة . هذا ، ولقد كان لإرتفاع كلفة الأرض المعدّة للبناء ، في المدن الرئيسيّة، والحاجة إلى الإحتفاظ بمساحات واسعة مفتوحة ، تخصّص للحركة ، ولنشر الحدائق العامّة على منسوب الأرض الطبيعيّة ، أثراً كبيراً ، في الحثّ على استنباط أساليب تصميم وإنشاء جديدة ، تلبي ما استجدّ من متطلّبات وظروف موضوعيّة ، أخذت تفرض نفسها ، على مجتمعات ما بعد الحرب . استفادت التطوّرات الحديثة ، من مجموعة تقنّيات استجدّت ، نذكر منها :

١ ـ استخدام البيتون مسبق المزج ، على مواقع محصورة ، منتشرة ضمن حدود المدن الرئيسيّة . كما استخدمت نوعيّات من البيتون عالي الجودة ، يمكن انتاجه بكميّات وافرة .

٢ ـ تصميم وتطوير قوالب فعّالة لصب البيتون ، كالقوالب المعدنيّة ، والقوالب المنزلقة ، بالإضافة إلى استنباط الكثير الآخر من الطرز والأساليب ، المساهمة في عمليّة تسريع تجميع قوالب الصب .



الشكل(١٢ ـ ٣) : يظهر الشكل نموذجاً للمبنى الرئيسي لبنك ويستمينستر ، والذي يبلغ ارتفاع كتلته الرئيسيّة حوالي (٢٠٠) متراً .

٣ - إيجاد أساليب وتقنيّات جديدة ، الغاية منها، صب البيتون المسبق ، سواء أكان ذلك ضمن مصانع متخصّصة ، أو ضمن حدود موقع العمل . تناولت التقنيّات وأساليب التصنيع هذه ، عناصر الإنشاء ، والعناصر المستخدمة في عمليّات إكساء الأبنية . استنبطت أيضاً مواد وأساليب ، الهدف منها تسريع عمليّة التصلّب ، ووصول العنصر إلى مرحلة التجفاف الكامل ، ممّا يسرّع من عمليّة مواصلة الصب والإكساء .

٤ - ابتكار منشآت صمّمت وأشيدت ، بناء على بنى تركيبيّة ، استغنت بها عن إشادة السقالات التقليديّة المستقلّة . كما طوّرت السقالات المعلّقة ، لتصبح عبارة عن منصّات أو شبكات أمينة . تحمل وتثبّت في مواضع مختارة ، بواسطة القوّة الكهربائيّة .

٥ - استخدام المعالجات على البارد والساخن ، لتعزيز مقاومة حديد التسليح على الشد ، كما تمّ استحداث فجوات ضمن البيتون ، يبرز منها قضبان مسنّنة ، تفيد في عمليّة وصل أجزاء المنشأة بعضها ببعض ، مستفيدين من المقاومات العالية لبراغي التوصيل .

٦ - الإستخدام الأمثل للمنشآت المعدنيّة ، والتي تعتمد في بنيتها على ما أتيح لنا من حديد عالي المقاومة ، وما صنّعته المصانع الحديثة ، من مقاطع انتشرت على نطاق واسع ، تملك من المواصفات ، ما لم يصله الحديد في أيّ وقت مضى . كما استخدم البيتون المسلّح بتقنيّات عالية .

٧ - تمّ استخدام عناصر الإكساء ، ذات الوزن الخفيف ، والمقاوم لانتشار الحرائق .

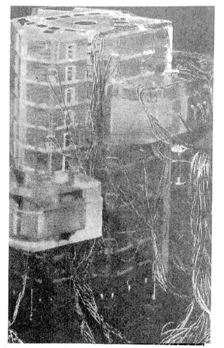
٨ - تطوّر وسائل التحليل الإنشائي ، إذ أصبحت تستخدم النماذج والجداول الإنشائيّة ، إضافة إلى استخدام الحاسوب الألكتروني ، ممّا سهّل حلّ العديد من المنشآت المعقّدة ، أنظر الشكل (١٤ - ٣) .

٩ - تمّ استخدام الركائز والأوتاد ، ذات الأقطار الضخمة .

2.03 - : تنصب جهود مطوّري أساليب الإنشاء ، باتجاه تتبّع الأساليب المعروفة ، ومحاولة تطويرها ، أكثر من كونها محاولة لاكتشاف مفاهيم إنشائيّة جديدة . إنّ المنطق المتحكّم في أساليب الإنشاء ، والتي منها محاولة الحفاظ على نشاطات معيّنة ، كصبّ الأرضيّات البيتونيّة على الموقع ،

قاد إلى ابتكار جديد ، أسّسه المعماري (أدلر) ، والذي يعتمد على تقنيّة رفع كتلة الروافع ، والتي استخدمت لأوّل مرّة ، في إنشاء كتلة بنائيّة ، مؤلفة من سبعة عشر طابقاً ، وكان ذلك عام ١٩٦٤ .

يصب السقف بواسطة مجبل يدوي ، يوضع على منسوب الأرض الطبيعيّة . يعبّأ المجبل اليدوي ، الحاوي على حجرة لخلط البيتون ، بعناصر البيتون الثلاث الرئيسيّة ، حيث يعالج داخل الحجرة هذه ، قبل رفعه إلى مكان الصب ، بواسطة روافع هيدروليكيّة . توضع الروافع أسفل الجدران الواقعة في وسط كتلة البناء ، لتقوم برفع البيتون ، من منسوب الأرض الطبيعيّة ، إلى منسوب الطابق الأوّل . تشاد أرضيّات الطوابق المتكرّرة بعدئذ . مستخدمين لذلك الجبّالة اليدويّة ذاتها . يصب الطابق الثاني ، وتفرد فيه غرفة لاستيعاب أدوات صبّ البيتون ومواده ، لكي يتسنّى صبُّ الطابق الأعلى ، وهكذا إلى أن يصل المبنى ، إلى ارتفاعه الكامل .



الشكل(١٤ ـ ٣) : يظهر الشكل ، النموذج الكهربائي المستخدم في اختبار ردود فعل المنشأة ، تجاه الحمولات المفروضة .

* مشكلة الثبات «المتانة» :

- 2.04 : تتطلّب الأبنية العالية ، إجراءات خاصّة ، لتأمين ثبات المبنى جانبيّاً ، تجاه ما تتلقّاه من قوى الرياح الأفقيّة . تصمّم المنشآت العالية ، وقد روعي فيها تجنب ما يلي :

١ - الإجهادات الحرجة في المنشأة :

٢ - الترنّح الجانبي ، والذي قد يصل إلى نقطة ، تسبّب إزعاجاً لقاطني المبنى ، أو إزعاجاً للمبنى ذاته ، يتجلّى على شكل إعياء يصيب المبنى ، فيقلّل من عمر صلاحيّته للإستثمار .

٣ - تثير الرياح المبنى ، ممّا يسبّب اهتزازات ، تؤدي بدورها إلى حادثة الرنين ، إن تكرّرت الإهتزازات ، وفق فترات متلاحقة ، ومتزامنة مع قوى الرياح .

٤ - تؤثّر الإنهيارات المحليّة ، وكذلك عجز بعض العناصر ، على تحمّل نصيبها من الحمولات ، على ثبات المبنى ككل .

٥ - تؤثّر أيضاً على متانة المبنى ، الإهتزازات الحاصلة في العناصر التكميليّة ، بما فيها النوافذ وعناصر الإكساء .

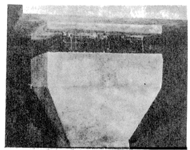
* الحواضن أو المساند المرنة :

2.05- اجتمعت الرغبة في ابتكار الجديد ، مع متطلّبات الوصول إلى المتانة القصوى ، لإنتاج أبنية ذات استناد مرن ، حيث صمّم حديد التسليح ، ليكون بمثابة استناد مرن ، تستند عليه العناصر الحاملة ، فكان لها بمثابة نابض مطاطي السلوك . خصّصت عناصر بذاتها ، ليكون استنادها على هذا الشكل ، كالعناصر المتواجدة عند منسوب التأسيس ، وذلك لكي يتاح إشادة المباني ، فوق أرض معرّضة لاهتزازات صنعيّة ، كتلك الواقعة إلى جوار طرق السكك الحديديّة . كمثال على ذلك ، فندق «الهوليداي إن» ذي الطوابق السبع ، والحاوي على (٢٤٠) مسند مرن ، تقع جميعها أسفل الأعمدة الحاملة ، والمعرّض كلّ منها ، لحمولة تساوي حوالي عشرين طنّاً ، أنظر الشكل (١٣ - ٣) . ترتفع ردهة الإنتظار العائدة للفندق ، حوالي (١٥) متراً ، فوق منسوب تواجد سكّة قطار سريع .

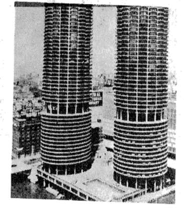
2.06- ينبغي أن تصمّم وتشاد الأبنية ذات الإستناد المرن ، بعناية فائقة ، إن أريد لها أن تذعن لمتطلّبات مقاومة الإهتزازات ، والوصول إلى العزل الصوتي

الكامل . تؤثّر حمولة الرياح ، على المباني تلك ، كما تؤثّر عليها تكرار نوسان المبنى ، وفق فواصل زمنيّة منتظمة ، نتيجة تعرُّضه لهبّات ريح عاصفة ، وفق فواصل زمنيّة منتظمة . تلعب جديّة بنود أنظمة البناء ، المتعلّقة بتنظيم الإجراءات العمليّة ، الكفيلة بتحقيق سلامة متانة المبنى ، دوراً في الوصول إلى المتانة المطلوبة وتحقيق السلامة ، كما تلعب قدرة المواد على اختزان الأصوات ومقاومة النيران ، دوراً آخر في الوصول إلى السلامة المطلوبة . ينبغي أن تكون درجة صلابة المسند المرن ، في حدود تجعله قادراً على تحمُّل نصيب العمود من الحمولات الإجماليّة . هذا ، وإنّ أيّ خلل في تنفيذ المسند المرن ، قد يسبّب تعرُّض المسند إلى حمولات تزيد كثيراً ، على الحمولات التصميميّة .

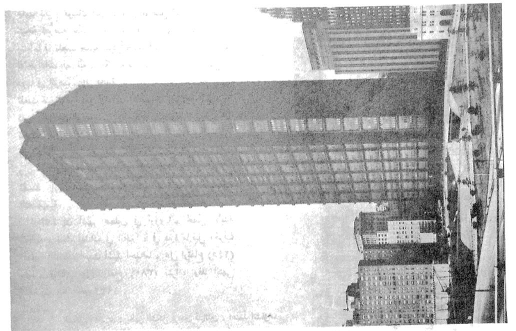
2.07- إنّ أشهر عملين في أوروبا ، تخصّ الأبنية العالية ، تلك المشادة في انكلترا ، في فترة ما قبل الحرب العالميّة الثانية ، حيث أشيد أحدهما ، على ارتفاع (٢٤٥) متراً ، والثاني على ارتفاع (٣٨٠) متراً ، وقد انتهى المنفّذون منه عام ١٩٣٢ .



الشكل(١٣ - ٣) : يظهر الشكل تفصيلة اتصال الحامل بالمحمول ، حيث يعدُّ حديد التسليح هنا ، بمثابة نوابض مطاطيّة ، وظيفتها امتصاص الإهتزازات المتولّدة عن حركة القطارات ، على سككها الحديديّة ، الممتدة إلى جوار المبنى هذا .



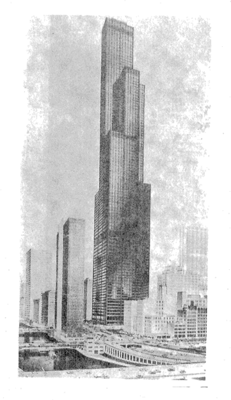
الشكل(١٧ - ٣) : يظهر الشكل برجين متماثلين ، اعتمد انشاؤهما على تواجد قلب خدمات حامل ، معزّز بمثبِّتات جانبيّة ، اشيدت في مقدّمة أرضيات البرج .
استخدمت الرافعة لوضع الأرضيات هذه ، في مكانها الطبيعي .



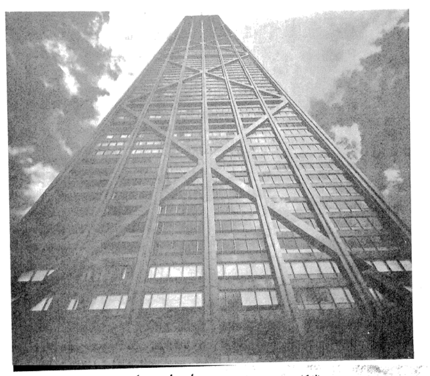
الشكل(٢٥ ـ ٣) : يظهر الشكل ، أحد المباني المعدنيّة العالية ، المشادة في الولايات المتّحدة الأمريكيّة . اعتمد التصميم الإنشائي ، على وجود قلب حامل ، معزّز بعناصر إنشائيّة أفقيّة ، تقلّل من التشوُّهات التي تنتاب الأبنية العالية .

اعتمدت الأبنية العالية هذه ، على إطار هيكلي من الحديد ، كما اعتمد تأمين سلامة متانة المبنىٰ ، علىٰ التجانس والتوحُّد ، ما بين العمود والجسر . اعتمد التوحُّد عمليّاً ، علىٰ تطبيق أساليب اللحام ، للجمع ما بين مكوِّنات العنصرين ، وجعلهما يعملان وكأنّهما عنصراً واحداً ، كما اعتمد علىٰ الوصل الجيِّد ، ما بين العنصرين ، معتمدين بذلك ، علىٰ براغي التثبيت المحشورة جيِّداً ، والمعرَّضة لقوىٰ احتكاك كبيرة . تمّ اختيار تصاميم معقّدة ، لشبكة التسليح ، حتىٰ أنّ تنفيذها ، كان يتطلّب في ذلك الوقت ، إلىٰ خبرات مهندسين متخصِّصين .

- 2.08 : بهذا تمّ الوصول إلى منشآت عالية القساوة ، إذ كان الهدف هو تصميم جملة إنشائيّة ، تحوي على الفجوات الضروريّة ، اللاّزمة لتحقيق الأغراض المعماريّة ، دون أن يؤثّر ذلك ، على سلامة متانة المنشأة ، وهذا ما كان ، إذ أنّ المبنى كان يستمد قساوته ، من صلب التشكيلة الإنشائيّة ، وليس من الإستخدام المفرط لمواد الإنشاء .



الشكل(١٩ ـ ٣) : يظهر الشكل مبناً عالياً ، يبلغ ارتفاعه (٤٨٣) متراً ، تمّ انجازه عام ١٩٧٤ ، مؤلّفاً من تسعة وحدات ، مساحة كلٍّ منها حوالي لخمسة وعشرين متراً مربعاً ، ترتفع ارتفاعات متباينة . يساهم شكل واجهات المبنى ، في التقليص من تأثيرات الرياح العاتية .



الشكل(١٨ - ٣) : يظهر الشكل مبناً عالياً ، معزّزاً بروابط قطريّة ، وذلك لمقاومة القوى الخارجيّة المفروضة ، المؤثّرة على واجهات المبنى .

يمكننا تمييز صنفين من المنشآت ، إحداهما وهي الحاوية على جدران قص ، وظيفتها مقاومة قوى الرياح ، مشكّلة من المصاعد وأدراج الخدمة ، أنظر الشكلين (١٥ - ٣) و(١٧ - ٣) . وثانيها الحاوية على واجهات ، قادرة على الوقوف في وجه قوى الرياح ، أنظر الشكلين (١٨ - ٣) و(١٩ - ٣) . في المنشآت ذات القلب الحامل ، تتصل بقيّة العناصر ، بالقلب الحامل ، وفق وصلات مسماريّة ، إذ أنّ وظيفتها الإنشائية ، ستكون بالدرجة الأولى ، هي تحمُّل أوزانها الذاتيّة ، لذا يمكن أن تكون هذه القطع ، من القطع مسبقة التصنيع ، والتي يجري تركيبها على الموقع ، في وقت لاحق . إن كانت مادّة الإنشاء هي مادّة البيتون ، فلا بأس من استخدام العناصر مسبقة الصب ، إذ بذلك نوفّر الجهد والوقت معاً ، خصوصاً إن حوى المشروع بين صفوفه ، على عناصر من ذوي الخبرة .

يمكننا أن نكتشف أنّه من المفيد أحياناً ، في منشآت كهذه ، إنتاج عناصر معياريّة ، على شكل وحدات جاهزة ، خصوصاً إن كان المطلوب ، إنجاز كميّات كبيرة من الوحدات الإكسائيّة المتشابهة ، والتي يتعذّر إنجازها على أرض الموقع ، أو كان التصميم جيّداً ، بحيث تنتفي احتمالات الخطأ ، فيما إذا انتجت عناصر المنشأة خارج الموقع ، وأريد بعد ذلك تركيبها ، وجمعها مع بعضها على أرض الموقع . كما تفيد هذه الطريقة ، في انجاز منشآت اتّسمت طبيعتها التصميميّة ، بعناصر أساسيّة ، يجري عادة تكرارها ، على طول وعرض المبنى .

*** مصاعد الأبنية العالية :**

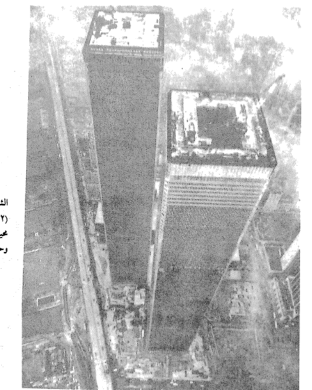
- **2.09** : كما أنّ ارتفاعات الأبنية العالية في ازدياد ، كذلك الحاجة أخذت تزداد ، إلى تجهيزات نقل شاقوليّة بديلة ، أكثر كفاءة ، إذ لم تعد المصاعد التقليديّة ، كافية لاستيعاب الحركة الشاقوليّة . لقد تطلّبت أنظمة المصاعد التقليديّة ، المركّبة في الأبنية العالية جداً ، مساحات واسعة ، لاستيعاب الحركة الشاقوليّة ، التي تتم داخل الأبنية العالية تلك . وإنّ تلك المساحة ، ما زالت في ازدياد ، نتيجة ازدياد عدد طوابق الأبنية هذه ، فهي اليوم تقارب ستين طابقاً ، وغداً ستصل إلى حوالي مائتي طابق ، ممّا يفرض على المصمِّم ، ترك حجم لخدمات الحركة الشاقوليّة ، تقارب عشرين بالمئة من الحجم الكلي للمبنى ، وهي نسبة كبيرة ، وقد تزداد بازدياد ارتفاعات

المباني . إنّ مردّ النسبة العالية هذه ، هو الأسلوب الذي يعتمده المصعد التقليدي في عمله ، والمرتكز أساساً على الحبل والبكرة ، ممّا يصعّب عمليّة إيجاد طريقة تشغيل أكثر مرونة ، مما هي عليه الآن ، إذ يتم بالطريقة التقليديّة ، تشغيل عربة مصعد واحدة فقط ، لكلّ بيت مصعد ، ممّا يثير اضطراباً حركيّاً ، خصوصاً في ساعة الذروة الحركيّة ، حيث يريد الجميع الانتقال من الطوابق العليا ، حيث مراكز عملهم ، إلى الطابق الأرضي ، بغية الخروج من المبنى . لحلّ هذه المشكلة ، تمّ استنباط مصاعد تعمل على مبدأ مولّدات الحثّ الخطي ، وذلك لكي يتسنّى الإنتقال في جميع الإتجاهات : أفقيّاً ، شاقوليّاً ، وبشكل مائل ، مستخدمين لذلك عربات موجّهة بواسطة الحاسوب ، يمكن لها أن تتحوّل ذاتياً ، من بيت مصعد إلى آخر . إنّ حلاً كهذا ، أزال أحد العوائق الحقيقيّة ، التي تقف في وجه تطوّر الأبنية العالية .

*** تنظيف وصيانة الأبنية العالية :**

- 2.10 : ينبغي الإهتمام عند تصميم الأبنية العالية ، بايجاد الطرق والوسائل الكفيلة ، للوصول إلى واجهات المبنى ، بغية تنظيفها ، واستبدال بعض عناصرها المهترئة . فالتصميات الحسنة ، يلحظ فيها وسائل وصول التجهيزات والمعدّات اللازمة ، لاستبدال زجاج النوافذ ، لإزالة واستبدال بعض عناصر وتجهيزات المبنى ، وتلك اللازمة لصيانة المبنى ككل . تعدُّ التجهيزات ذاتيّة الحركة ، تجهيزات ضروريّة ، لاستكمال عمليّات تنظيف واجهات المبنى ، والتي تجري وفق فترات زمنيّة منتظمة . ففي مبنى ارتفاعه يصل إلى حوالي مائتي متر ، لابدّ أن تلحظ فيه ، تجهيزات تعمل بشكل تلقائي ، على تنظيف زجاج المبنى ، على الأقل ، كلّ شهر مرّة ، وعلى تنظيف أطر النوافذ ، كلّ ثلاثة أشهر مرّة . تعمل التجهيزات هذه ، على يد موظّف مختص ، يتواجد عند سطح المبنى ، يمكن له أن ينظّف بها ، عدّة مئات من الأقدام المربّعة ، خلال دقيقة واحدة ، ممّا يقلّل من كلفة ومشقّة أعمال التنظيف ، إلى حدٍّ كبير .

- 2.11 : تتلاقى مشاكل توفير الخدمات البيئيّة ، مع التأثيرات الناشئة عن إشادة أبنية عالية ، ضمن مناطق محصورة ، فيصعب بذلك إيجاد حلّ لمشاكل الرياح ، المتشكّلة على شكل دوّامات هوائيّة ، ولتلك المشاكل المتجليّة على شكل نقص في الإنارة الطبيعيّة ، وفي صعوبة تهيئة الوصول السهل لأشعة الشمس ، إلى داخل فراغات البناء العالي .



الشكل(١٦ ـ ٣) : يظهر الشكل برجين متماثلين ، ارتفاع احدهما (٤١٢) متراً ، اعتمد انشاؤهما ، على قلب حامل ، وأعمدة محيطيّة ، موصولة بروابط إلى القلب الحامل . تتألّف الروابط من وحدات أرضيّة ، مشادة من قضبان معدنيّة متصالبة .

● منشآت الشد خفيفة الوزن :

- 3.01 : إنّ أكثر أنواع المنشآت قدرة على توسيع مجازاتها ، هي تلك المسمّاة بالمنشآت البسيطة ، المعتمدة في إنشائها ، على قدرتها على تحمُّل قوى الشد . تعدُّ المنشآت البسيطة ، واحدة من المنشآت القادرة على إنجاز وظيفة إنشائيّة ما ، بأقلّ كميّة ممكنة من مواد الإنشاء ، وبجهد ضئيل نسبيّاً . هذا ، وبسبب خفّة وزن المنشآت هذه ، والخيمة مثال جيّد من أمثلتها المعروفة ؛ يمكننا تعليقها على نظام إنشائي متاخم ، مؤلّف من صواري معدنيّة أو خشبيّة ، ومن أكبال تستخدم في التعليق ، مغطّين بذلك مساحات واسعة ، بكلف بسيطة ، أنظر الشكل (٢٠ - ٣) .

تقودنا دراسة المنشآت المسمّاة بفقاعات الصابون ، والأغشية المطاطيّة المعلّقة على أطر استناد وأكبال شد ، إلى فهم أعمق للمنشآت السطحيّة البسيطة هذه . إنّ الإجهادات الغشائيّة عند كافة نقاط الفقاعة ، هي إجهادات متساوية ، وبإمكان المصمّمين ، ومن خلال المراقبة الدقيقة لشكل الفقاعات هذه ، توليد منشآت شد بحجم كامل ، تنتابها إجهادات شد ، بكميّات أصغريّة .

تتضمّن المنشآت السطحيّة ، إضافة إلى المنشآت الغشائيّة ، والأسقف المعلّقة ؛ أبنية غازيّة ، حيث تتلقى قشرة المنشأة قوى الشد ، بينما يعدُّ الهواء المحصور بمثابة العنصر المضغوط . أمّا شبكة الأكبال مسبقة الإجهاد ، فتعمل عمل غشاء التغطية ذي الثقوب والمساحات والجسور المسلّحة .

تعكس القبّة ذات الشبكة المتصالبة ، عمل المنشآت السطحيّة ، إذ تعمل على الضغط بدل الشد ، بعد استبدال أكبال الحافّة ، بجسور أو أقواس حاملة .



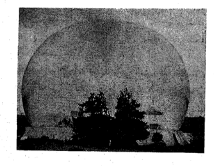
الشكل(٢٠ - ٣) : يظهر الشكل نموذجاً للمنشآت المشادة على شكل شبكة من الأكبال المعدنيّة .

* الخزّانات الخاضعة سطوحها لقوى الشد :

- 3.02 : يراعى أيضاً في إشادة المنشآت المعرّضة سطوحها لقوى شد ، استخدام شبكة الأكبال المغطّاة بغشاء واق رقيق ، بهدف الإحتفاظ وحجز المواد الصلبة والسائلة ، ضمن تجويف التشكيلة هذه . تستفد السدود من نظام الأكبال الأفقيّة المربوطة إلى جوانب الوادي ، ومن الغشاء الرقيق المغطي لمجموعة الأكبال هذه ، بغية الوقوف بوجه تيّار المياه . يمكن إنقاص القوّة المعيقة الرئيسيّة ، بتركيب أكبال مائلة بشكل جانبي ، مربوطة إلى سرير النهر ، فتقف بذلك في وجه تيّار المياه . يمكننا استخدام تقنيّات مشابهة ، إن طُلِبَ إشادة جدران استناديّة ، أو أسوار لحجز الثلوج ، في المساحات الجبليّة . يمكن لنا أن نلاحظ ، ملاءمة استخدام أغشية قابلة للنفخ ، إن أريد استصلاح بقعة كبيرة المساحة .

* منشآت النفخ :

- 3.03 : هي منشآت خفيفة الوزن ، تتعرّض سطوحها لقوى شد ، أنظر الشكل (٢١-٣) . إنّ أوّل اقتراح قدِّم لمنشأة على هذه الشاكلة ، هو لمعماري من مدينة لندن ، حيث قدّم إلى لجنة تطوير المنشآت ، اقتراح لتطوير خيمة ، يمكن أن توظّف ، إمّا كمستشفى ميداني ، أو مستودع للذخيرة ، أو ما شاكل ذلك، وكان ذلك حوالي عام ١٩١٧ . وفي الواقع ، لم يدخل هذا الإقتراح حيِّز التنفيذ ، ولم تصبح أمثال تلك المنشآت ، منشآت ذات



الشكل(٢١ - ٣) : يعزِّز الهواء من متانة القبّة الشافّة هذه ، المسلّحة بشبكة من الأكبال المعدنيّة .

وظيفة حقيقية ، إلا أثناء حرب فيتنام ، حيث استخدمت كما اقترح لها ، أماكن لمعالجة الجرحى ، تشاد إلى جوار الثكنات والمواقع العسكريّة . وكما نلاحظ ، غاب المشروع نصف قرن من الزمن ، قبل أن تتاح له الظروف ، للظهور من جديد ، وفي أثناء هذه الفترة ، وبالضبط أثناء فترة الحرب العالمية الثانية ، استهوت الفكرة رجال الجيش ، فأخذوا في تطوير منشآت قابلة للنفخ ، حيث أشادوا السدود والأسوار ، خصوصاً ما كان منها ، على شكل بالونات نفخت هواء .

تمكّن رجال الصناعة حديثاً ، من أغشية قابلة للنفخ ، تستخدم كقوالب مؤقّتة ، منها ما استخدم أثناء إنشاء قبّة فوللر الشهيرة ، وتلك المستخدمة لوقاية محوّلات كهربائيّة قيد الإنشاء . توجد هناك أيضاً ، العديد من الأمثلة ، التي تستخدم فيها هذه الطريقة لإنشاء : أبنية التخزين ، الأبنية الملحقة بالمنشآت الرياضيّة ، أبنية العرض ، وحتى مكاتب وأبنية الكمبيوتر . إنّ أهم عامل يدخل في اعتبارت الإنشاء ، هو عامل ضبط البيئة الداخليّة . ويعدُّ السرادق المقام في أوساكا ١٩٧٠ ، مثالاً متطوراً لعمل ناجح ، اعتمد على الاغشية المنفوخة .

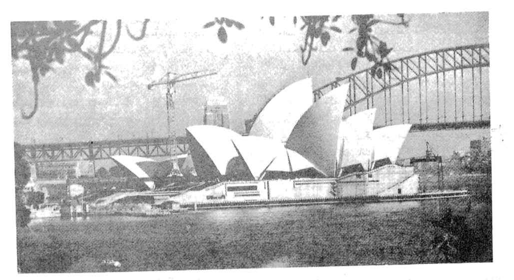
– 3.04 : يحكم شكل وأبعاد منشآت النفخ الكرويّة ، معادلات التوازن البسيطة ، حيث يعادل الإجهاد الغشائي ، نصف الضغط الداخلي الزائد ، مضروباً بنصف قطر الإنحناء . لهذا . كانت للقبب المنخفضة ، إجهادات غشائية تزيد عن تلك العائدة ، للقبب المرتفعة ، ذات اقطار انحناء أصغر ، إن كانت سوية الضغط الداخلي واحدة ، وكان المجاز لكلا القبّتين واحداً . لتغطية مساحات واسعة ، وأيضاً لإزالة الإجهادات الغشائية ، لا بدّ من استخدام نقاط واطئة ، عروق غشائيّة ، وشبكة من الأكبال . يمكننا استكمال إنشاء أبنية ذات أسطح واسعة ، وارتفاعات واطئة ، إن استخدمت نقاط تثبيت واطئة ، واعتمد التصميم على أشكال ذات أقطار انحناء صغيرة ، حيث يساعد ذلك ، على تقليص الإجهادات الغشائية ، ويمكّننا من تجميع مياه الأمطار ، وبالتالي تصريفها ، إلى حيث يتواجد نظام التصريف العام . يستحسن تنفيذ المنشآت المشابهة بشكلها للعقود والقشريّات ، من مواد شافّة . يكفينا أيضاً في هذه الحالة ، روابط داخلية نحيلة ، نستخدمها عوضاً عن حوامل داخلية صلبة ، تصمّم في أحيان أخرى ، لتلقي

حمولات الإنبعاج الكبيرة . يتيح استخدام العروق الغشائية وملتقيات السطوح ، المستقيمة منها والحادّة ، إظهاراً حسناً تتخذه أشكال منشآت النفخ ، تحسِّن به من مظهرها الخارجي .

– 3.05 : من الضروري استخدام مواد مصنعة جرى تسليحها ، إن أريد إنشاء منشآت نفخ ذات أقطار انحناء كبيرة ، تزيد عن (٥٠) متراً . ينبغي أن لا تقل المقاومة الذاتية ، للعناصر هذه عن (٢٥) طن لكل (١) م . يستخدم مع العناصر المسلحة هذه ، أكبال أو صفائح معدنية مصنعة ، ذات طبقتين ، مقاومتها لا تقل عن (٣٥) طن لكل (متر) . تعمل شبكة الأكبال هذه ، على تقسيم سطح القبة ، إلى عدد من السطوح بسيطة الأبعاد ، وإلى أغشية ذات انحناءات حادّة ، مما يخفّف من الإجهادات السطحية . يحول غشاء المنشأة ، إن كانت المنشأة كبيرة الأبعاد ، دون انتشار الرياح ، وتجمُّعها في أسفل المنشأة . كما يعمل على تجميع حمولات الشد ، بواسطة شبكة أسلاك دقيقة ، ليتم نقلها إلى شبكة الأكبال . ما بين المجازات الإقتصادية الأصغرية ، المتراوحة ما بين (١٠ لـ ٢٠) متراً ، وبين المجازات النظرية الأعظمية ، نصطدم بالمشاكل المتأتية عن حمولات الريح والثلوج ، والتي يمكن التخفيف من تأثيراتها ، عند استخدام أغشية مصنّعة ذات طيّات ، والتي لها قدرة على تحمل إجهادات تمزق ، تزيد عن (٣٠ كغ /م²) ، والتي لا يزيد وزنها الذاتي عن (١) كغ لكل (١) م • يصل القطر النظري الأعظمي لهذه الأغشية ، الى حوالي (٣٠٠٠) متر ، إن كانت على شكل نصف كرة منفوخة ، وواقعة تحت ضغط أصغري . كما يمكن أن يصل قطرها إلى حوالي (٧٩٦) متراً ، إن كانت على شكل ثلاثة أرباع كرة ، وخاضعة لظروف مشابهة . إنّ المجازات الفعليّة الأعظمية ، هي في الواقع بسيطة ، كما أن قيم حمولات الرياح والثلوج ، هي أكبر من قيمة الضغط الداخلي ، لذا ينبغي على المصمِّم العمل على إبقاء الإجهادات المسموح بها ، أقلّ من إجهادات التمزّق .

● **القشريات :**

– 4.01 : يشمل نظام الإنشاء هذا ، كافّة المنشآت ذات الأبعاد الثلاثة ، المشكّلة أو المصاغة من جدران بسيطة الأبعاد ، إذا ما قورنت بمجاز المنشأة . تتألف المنشآت هذه ، من عناصر مزدوجة الإنحناء . يظهر الشكل



الشكل(٢٢ - ٣) : يساعد الحاسوب في التصميم الإنشائي للقشريّات البيتونيّة .

(٢٢-٣) ، مبنى الأوبرا المشاد في سدني ، وهو مبنى مشاد وفق طراز الإنشاء ، المشار إليه في فقرتنا هذه .

– 4.02 : إن أمثال هذه المنشآت ، لا يمكن أن تزدهر وتنتشر ، ما لم تؤيّدها الحكومات ، وما لم تقدّم لها المعونات اللازمة ، لكي يتوسّع القائمون عليها ، في البحث عن حلول أكثر اقتصادية .

ظهرت في الولايات المتحدة الامريكية ، القشريات المشادة من ألياف مصنّعة . استفاد الأسلوب الجديد هذا ، المعتمد على ابتكار وإنتاج وحدات إنشائية ، من التقنيّات التي جرى تطويرها في مصانع إنتاج أدوات الملاحة البحريّة ، ومن تقنيّات عصر الفضاء .

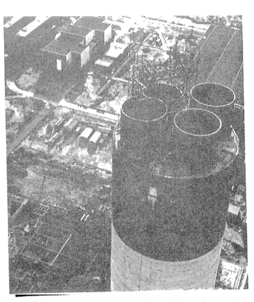
إن التقنيات هذه ، ما زالت توعدنا بتقدم آخر ، في مجالي التصميم وإنشاء القشريات بمختلف أنواعها . ومن الواضح أن هذه الاعمال ، تسير موازية لتطورات وابتكارات أخرى ، تجري هنا وهناك . ومن المعلوم في هذا العصر ، أن أي نجاح يحرزه مصنع من المصانع ، أو مؤسسة علمية من المؤسسات ، يساهم في إرفاد الفكر البشري ، وفي توسيع منابع المعرفة ، إذ اتّسم عصرنا هذا ، بالقدرة على تبادل المعارف والخبرات .

● المواد البلاستيكية المسلحة بألياف زجاجية :

– 5.01 : من المؤسف له ، أنه بينما تعدُّ نسبة الكثافة إلى المقاومة في المواد البلاستيكية المسلحة بألياف زجاجية ، نسبة عالية ، فإنّ معامل مرونتها تعادل تقريباً سُبع معامل مرونة الفولاذ ، مما يحول دون استخدامها في منشآت خاضعة لقوى ، تسعى باتجاه تشويه سطوح المنشأة ، وتلك التي لا ينظر الى مقاومتها ، نظرتنا إلى قدرتها على مقاومة التشوُّهات الدائمة . يعد معامل مرونة المواد البلاستيكية المسلحة ، المنخفض نسبياً هذا ، أحد الأسباب الرئيسية الداعية ، إلى الحدّ من امتداد مجازات المنشآت هذه . لقد اشترطت أنظمة الإنشاء البريطانية ، أن لا يزيد مجاز منشأة تقليدية ، مشادة من مواد بلاستيكية مسلحة بألياف زجاجية عن (١٨) متراً . وتعدّ القبة اللدائنية ، المشادة بأكملها من مواد بلاستيكية مسلحة ، واحدة من أضخم المنشآت اللدائنية ، إذ يبلغ مجازها حوالي (٤٢) متراً . كما تدلُّ الأبحاث على إمكانية التوصل إلى مجازات تزيد عن (٣٦) متراً ، إن تمكنا من استخدام وحدات هرمية الشكل ، في بنية الأسقف المغطية

للمجازات هذه . تمتاز الوحدات الهرمية هذه ، بانحناءات مزدوجة ، أنصاف أقطارها بسيطة .

إن التغير الثابت الذي يصيب شكل المنشآت هذه ، نتيجة تعرضها لإجهادات متواصلة ، أو لحرارة عالية ، وكذلك ارتفاع كلف إنشائها ، الصعوبات التي نواجهها في ضبط نوعية المادة ، وأخيراً مقاومتها الضعيفة للنيران ، كل ذلك حدَّ من شيوع استخدام المنشآت المشادة من المواد البلاستيكية ، المسلحة بألياف زجاجية . يمكننا التوصل إلى الصلابة المطلوبة ، إن استخدمت هذه المواد ، على شكل صفائح طي ، حيث يصبح المطلوب ، تأمين السماكة الكافية لمقاومة قوى الثقب . إنّ تأمين هذه السماكات ، ترفع من كلف الإنشاء ، خصوصاً إن كانت المنشأة متسعة الأبعاد . على الرغم من كل ذلك ، تمكن المعماري الإيطالي «Remyo – Piano» ، من ابتكار بعض الوحدات السقفية الرائعة ، مستفيداً من منتجات أحد المصانع المشادة في جنوا ، ينتج مواداً بلاستيكية مسبقة الإجهاد . تتألف وحدات التغطية هذه ، من أغشية عائمة ، محمولة على مباعدات شاقولية ، مثبتة على أكبال فولاذية مسبقة الإجهاد .



الشكل(٢٣ - ٣) : يظهر الشكل مدخنة بأربعة فتحات ، يصل ارتفاعها إلى حوالي (٢١٣) متراً ، وقد أُدْخِلَ في إنشائها ، مواد بلاستيكيّة مسلّحة بألياف زجاجيّة .

● المنشآت الفراغيّة :

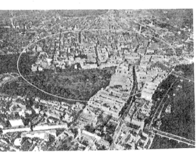
– 6.01 : تشترك الأنابيب المعدنية ، والمصنّعة من الألمنيوم المشوب ، في تشييد المنشآت الفراغية ، مغطية بذلك مجازات واسعة . تتألف الأسطح إما من قضبان متصالبة ، ممتدة على طبقتين ، أو على شكل قبب ذات دعامات ، مشكلة أسقفاً صالحة لتغطية صالات العرض ، ومدرجات الملاعب الرياضية . انشئت في هيوستن ، قبة معدنية ، مجازها الحر وصل إلى حوالي (٢٠٠) متر ، مغطية بذلك ملعباً رياضياً يتسع لـ(٦٦٠٠) متفرّج جلوساً . كما انشئت حظيرة طائرات ، سقفها على شكل منشأة فراغية ، مكونة من أنابيب معدنية ، تمتد بلا أعمدة ، مسافة تساوي (١٧٠) متراً ، وهو مجاز يعادل مرة وربع ، مجاز المنشأة المشادة في فرانكفورت لهذا الغرض ، والمشكلة من أوشحة بيتونية مسبقة الإجهاد . تعد المنشأة الفراغية هذه ، قادرة على تحمُّل أوزان تزيد عن (٥٠٠) طن من التجهيزات ، المحتواة ضمن بنية السقف ، أنظر الشكل (٢٤-٣) .

– 6.02 : يمكن أن يصل قطر القبة الفراغية نظرياً إلى حوالي (١ ١/٢) كم ، وهي تبقى بذلك ، منشأة مقاومة لحمولات الطقس المفروضة ، بمختلف أنواعها . تعدُّ القبة هذه ، بمواصفاتها تلك ، مقترحاً أبداه المعماري «Buck minster Fuller» ، بغية تغطية مجمع سكني متكامل المرافق ، صالح لسكنى ما ينوف عن (٢٠٠٠٠) مواطن ، على أن تتخذ الاجراءات الكفيلة ، بإخراج غازات المصانع والهواء الفاسد ، إلى خارج غلاف القبة ، وكذلك اتخاذ إجراءات من شأنها ، تقليص تأثيرات ضجيج المصانع ، أنظر الشكل (٢٥-٣) . تتخذ إجراءات أيضاً ، من شأنها تكييف الضغط الداخلي للمنشأة ، بغية الوصول إلى منشأة بأبعاد متناهية في الكبر . هذا ، وتمتاز منشآت



الشكل(٢٤ - ٣) : يظهر الشكل هنكاراً لاستيعاب طائرات البوينغ (747) . تبلغ أبعاد الهنكار حوالي (١٧٠ × ٨٤) متراً ، أشيد سقفه على شكل إطارات فراغيّة ، تمتد حرّة بمجاز يساوي (٤٦) متراً ، تحمل ما يزيد زنته عن (٥٠٠) طن من التجهيزات .

كهذه ، جرى تغطيتها بقبب كهذه ، ببيئة هواؤها مكيف ، ومحميّة من مياه الأمطار والرياح العاصفة ، لذا يكفينا لإنشائها ، مواد ذات مقاومة بسيطة ، مما يجعلنا قادرين على إشادة منشآت قليلة التكاليف ، تحوي على أنظمة تصريف بسيطة ، تحيط بها وسائل رخيصة الثمن ، تحميها من ظروف خارجية قليلة الفعالية ، وبها نستطيع الاستغناء كلياً ، عن أنظمة التدفئة المنزلية الخاصة ، أنظر الشكل (٢٥-٣) .

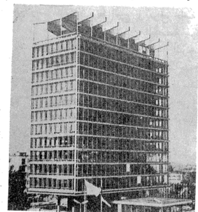


الشكل(٢٥ - ٣) : يمكن أن تمتد القبب الفراغيّة نظريّاً ، على محيط دائرة ، يزيد قطرها عن (١ $\frac{١}{٢}$) كم .

تصبح القبب الفراغية ، قبباً وظيفية ، تؤدي خدمات جلى ، في حالات تكون فيها الشروط البيئية ، قاسية إلى درجة تدفعنا لاختيار شكل يساعدنا على التخفيف منها . فالقبب الفراغية حلٌ موفق لمناطق تسود فيها ظروف مناخية قاسية ، كتلك التي تختص بها مناطق ، لا تهبط فيها درجة الحرارة ، إلا نادراً ، عن درجة الأربعين درجة مئوية ، أو تلك المتّصفة بدوام هبوط درجات حرارتها ، إلى ما دون درجة التجمد . تعدُّ كذلك أمثال هذه القبب قبب صالحة لتغطية مجمعات سكنية ، يحيط بها هواء رطب ، تصل نسبة رطوبته حوالي (١٠٠٪) . هذا ، وقد أهملت المقترحات هذه ، زمناً طويلاً ، بسبب التعقيدات التي اتصفت بها طرق تحليل منشآت كهذه . أدّى التعرف واكتشاف الحواسب الالكترونية ، إلى حثّ المصممين والإنشائيين ، إلى إعادة النظر بتلك المقترحات ، بغية ايجاد السبل الكفيلة لوضعها موضع التنفيذ العملي ، وكان ذلك تمهيداً لإنشاء العديد من المنشآت الفراغية ، في كل من البرازيل واليابان وأفريقيا الوسطى ، أشيدت لتوظف كحظائر للطائرات ، وصالات للعرض .

● الأبنية المعلّقة :

- 7.01 : لقد تطور مفهوم المنشآت المعلقة ، خلال العقدين الماضيين ، تطوراً هائلاً ، خصوصاً فيها طبق منها ، كأبنية مكتبية . تتكون الأبنية المعلقة ، من مركز خدماتي ، يقع في وسط المبنى ، مشاد من البيتون المسلح ، مستخدمين لذلك عادة ، أسلوب القوالب المنزلقة . يصمم القالب الحامل ، لتلقي كافة الحمولات الشاقولية والجانبية ، من خلال أرضيات مدلاة من أعلى المبنى ، محمولة على عناصر مقاومة لقوى الشد ، تنتشر على محيط المبنى . استلهم أسلوب الانشاء اسمه ، من ماهية سلوك عناصره الحاملة . في أمثال المنشآت هذه ، نحتاج فقط إلى تصميم قلب حامل ، قادر على تلقي كافة الحمولات الرئيسية ، بما فيها تلك الناشئة عن الزلازل الأرضية . يتيح الأسلوب هذا ايضاً ، إنهاء التجهيزات المعدة لراحة قاطنيه ، فوق منسوب الأرض الطبيعية ، وبذا يترك المجال واسعاً في الأسفل ، للاستفادة من الفراغات المخصصة لحركة المشاة . يعبر بعض المصممين عن منشآتهم المعلقة ، بشكل يدعو إلى إثارة الناظر ، وذلك بأن يتركوا منشأة السقف الأخير ، ظاهرة للعيان ، بما تحويه من جسور محمولة من طرف واحد ، كما هو واضح في الشكل (٢٦-٣) . تستخدم أمثال هذه الأبنية بالتناوب ، هيكلاً إنشائياً معدنياً ، تصحبه جسور ظفرية ، مشادة من البيتون مسبق الإجهاد .



الشكل (٢٦-٣) : يظهر الشكل مبنى مكاتب أشيد عام ١٩٦٤ ، وهو مثال للأبنية المعلقة . في الأبنية المعلقة ، تزيل قوى الضغط الواقعة على القلب الحامل ، أي احتمال لنشوء قوى شد يمكن لها أن تنشأ نتيجة تعرض القلب الحامل المواجه للرياح ، لقوى الرياح السائدة .

–7.02 : إنّ تكثيف الحوامل الإنشائية ، عند نقاط استراتيجية من نقاط الموقع ، تتيح الاستغلال التام لمرونة المسقط ، المتمثلة بمصاطب الأبنية المتدلاة ، من على المناسيب العلوية . إلاّ أن الميزة الأساسية للتشكيلة الإنشائية هذه ، يكمن في قدرتها على الجمع ما بين ا لمبنى البرجي وجسر المشاة . يربط البرج إلى مواقع خاصة ، محددة على المسقط من خلال الشوارع المخصصة لحركة العربات ، مع ترك الفرصة لتطوير الحركة المتواجدة أصلاً ، بهدف الوصول إلى المواقع الصناعية ، المتواجدة في مراكز الضواحي . يتيح كلّ ذلك الفرصة ، لإشادة منشأة جسرية معلقة ، تخصص للمشاة ، تصل البناء البرجي إمّا إلى مركز المدينة مباشرة ، أو إلى محطات يمكن الوصول منها ، إلى مركز المدينة .

– 7.03 : تعدُّ الشوارع المعلقة المحمولة على أبنية تحيط بها من كلا الجانبين ، المثال التطبيقي للمفهوم هذا ، إذ تستفيد الأبنية هذه ، من تعدد مستوياتها ، في إنشاء جسور للمشاة معلقة ، مستفيدة بذلك من الفراغ الهوائي المتروك ، فوق السكك الحديدية ، وطرق السيارات . تشاد الجسور هذه ، إما معلقة على إحدى مستويات البناء البرجي ، أو على شكل ظفر مثبت من إحدى طرفيه ، على البناء البرجي المجاور .

يربط جسر المشاة هذا ، البناء البرجي بوسط المدينة ، متجاوزين به بالتالي ، الصعوبات المتأتية عن صعوبة الحصول على وسيلة مواصلات مناسبة ، والتي أصبحت واحدة من أكثر منغصات ساكني المدن الكبيرة .

● المنشآت القابلة للفك والنقل والتركيب :

– 8.01 : تمكّن معماريو العهد الفكتوري ، من ابتكار أسلوب إنشائي فريد ، اعتمد على تصنيع قطع ووحدات إنشائية ، من الحديد الصلب ، يمكن جمعها وحزمها في صناديق جاهزة للتصدير . قام معماريو هذه الفترة ، بتصنيع هذه الوحدات الصالحة لانشاء قصور ملوك أفريقيا ، المشادة من الحديد الصب . ويعد القصر المسمى «Paxtans Crystal Palace» ، مثالاً رائعاً من أمثلة المنشآت القابلة للفك والنقل والتركيب .

إنّ زيارة لمنشآت (أوتو) ، المشادة لصالح الأولمبياد الذي أقيم (١٩٧٢) ، ستؤكد لنا ، مدى الأناقة التي يمكن أن تكون عليها أمثال المنشآت هذه .

– 8.02 : تعدُّ السقالات المؤلفة من عناصر أنبوبية الشكل ، واحدة من أكثر المنشآت القابلة للفك والتركيب شيوعاً ، وهي جملة انشائية ، تسهِّل كثيراً من عمليات إنشاء وإكساء المباني . لا تحتاج جمل إنشائية ، كالسقالات أو القوالب الخشبية والمعدنية ، التي تعد منشآت مؤلفة من عناصر قابلة للاستعمال المتكرر ، إلا إلى قليل من التغييرات في شكل ونوعية الإداء ، لكي تصبح منشأة متممة لمنشأة يراد إنشاؤها ، مبتعدة بذلك ، عن كونها مجرد خطوة من خطوات إجراءات التنفيذ . أنَّ التغييرات الطارئة هذه ، على ماهية ومفهوم وظيفة المنشآت هذه ، كان الأساس الذي مكّن المعماري فوللر ، من إشادة قبته الجيوديسية ، كما مكن غيره من المعماريين ، على إنشاء منشآت الأطر الفراغية .

تشكل الأطر والقوالب هذه ، جمل إنشائية قابلة للفك والتركيب من جديد ، مما يوسع من مجالات استخداماتها ، ومن تلك الاستخدامات ، ما يجعلها بمثابة منشأة نقيضة للأغشية المغلفة . ما زالت المنشآت القابلة للفك والتركيب ، بحاجة إلى إضافة جدران وأسقف مغايرة لطبيعتها . كما جعلت مشاكل الحماية من تقلبات الطقس ، من تلك المنشآت ، منشآت صعبة التنفيذ .

– 8.03 : كان لمحاولات المعماري الفرنسي (Jean Prouve) ومعاونيه ، أثراً كبيراً في تسريع عملية إنشاء أمثال المنشآت هذه ، وفي تسهيل عملية فك أجزائها المكونة . إذ حرص هذا المعماري ، على توجيه جهوده ، نحو استنباط طرق يمكن من خلالها تطوير الانتاج الصناعي ، للعناصر المكونة ، لكي تصبح تكاليفها أكثر اقتصادية ، وتم له ذلك ، من خلال إنتاج عناصر معيارية ، ذات أبعاد متماثلة . يرجع تاريخ المنشآت المعتمدة على عناصر مصنعة ، إلى أكثر من خمسين عام مضت ، إذ أن طرق الانشاء هذه ، بدأت مع البدء في اكتشاف المنشآت القابلة للنفخ ، إلا أنها لم تتطور بالسرعة الكافية ، لكون المعماريين ومن ثم متعهدوا البناء ، لم يتلقوا التشجيع الكافي ، والدعم اللازم لتطوير منشآتهم هذه ، سواء أكان ذلك من قبل السلطات الحكومية ، أو من غالبية المستفيدين من الأبنية المراد إنشاؤها . ولم تجرب أمثال تلك المنشآت ، إلّا وهي على شكل حلول سريعة ، فرضتها ضرورات وطنية ملحة ، كالمنشآت التي اشيدت اثناء الحرب العالمية الثانية ، تلبية لضرورات استدعت إنشاء منشآت مؤقتة ، يمكن تركيبها بسهولة ، ومن ثم فكها ،

تمهيداً لنقلها وتركيبها ثانية في موقع آخر . كما استخدمت منشآت كهذه ، في أوقات متفاوتة ، ومن قبل أفراد ارستقراطيون ، بقصد التميز ليس إلا .

– 8.04 : إن القول الذي صرح به المعماري الفرنسي (Prove) ، يحوي الكثير من الحقيقة ، إذ قال : «أنه كما شهد عصرنا انفجاراً سكانياً ، فإنه سيشهد ايضاً إن ظل معتمداً على أساليب تصميم وإنشاء تقليدية ، نقصاً في عدد المساكن الكافية لإيواء الأعداد المتزايدة من الأسر الجديدة ، إذ أن الأساليب التقليدية ، لا تتيح لنا إنتاج كم وافر من الأبنية ، في زمن قصير» .

إن الصعوبة تكمن في إدراك القدرة الكامنة للانتاج الصناعي ، والتي تتحكم فيه دوماً ، ظروف موضوعية متباينة ، تحيط بموقع تلك الأبنية ، كالتضاريس الطبيعية للموقع ، المناخ السائد ، وغيرها . . .

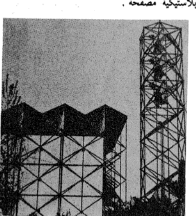
ونحن بشكل عام ، لا نستطيع مواجهة صعوبة إدراك ما للانتاج الصناعي من قدرات ، على مسايرة تعدد الظروف الموضوعية ، التي تتصف بها مواقع الأبنية المراد الإشادة عليها ، كطبيعة تضاريس الموقع ، وطبيعة المناخ السائد ، فقط من خلال التفكير بايجاد عناصر معيارية أخرى ، قابلة للتجميع في مصانع متخصصة ، بل لا بد من تنظيم جديد ، يتناول أسس ونظريات الإنشاء التقليدية . إن استخدام عناصر معيارية ، بغية تغطية هياكل خاصة ، لهو دليل على ما تحتويه أساليب التصميم هذه من قدرات .

تعدّ الاستراحات المشادة على يد المعماري الفرنسي (Prouve) ، أمثلة جيدة لما يمكن ان تستخدم من أجله تلك التصاميم . كما نلاحظ العديد من محطات الوقود ، تم إنشاؤها ، وفق الأسلوب التصميمي هذا . يمكن بهذه الطريقة ايضاً ، صياغة منشآت ذات بنية تحتية معدنية ، مكسوة بالكامل ببانوهات من البوليستر ، تتخللها نوافذ وأبواب هيكلية ، مشابهة لتلك التي تحفل بها سيارات وحافلات النقل . قامت حديثاً دراسات لتوسيع محاولات استخدام أمثال المنشآت هذه ، حيث تمكن أحد المعماريين من إشادة صالة للعرض بهذه الطريقة ، تبلغ مساحتها (٢٣٢٠٠) متراً مربعاً ، مع مطعم يتسع لحوالي (١٠٠٠) نزيل . اعتمد إنشاء أمثال تلك المنشآت ، على جوائز صفائحية ، تبنى ضمن الجدار ، مستندة على أعمدة أنبوبية الشكل ، تحمل إطاراً فراغياً ، على شكل قضبان

متصالبة . يستخدم لإنجاز السياج الشاقولي ، فواصل معدنية ، نستطيع بها إحكام تطويق ألواح الزجاج والبانوهات ذات الطلاء الزجاجي ، المزودة بحشيات مطاطية .

أشاد المعماري «إيجارت» ، كنيسة اعتمدت في إنشائها ، على أنابيب معدنية جمعت على شكل هيكل فراغي ، تتخلله بانوهات بلاستيكية نصف شفافة ، أنظر الشكل (٢٧-٣) . إنّ خلاصة القول الذي يمكن أن نستشفه من المنشأة هذه ، هو أنّ هذه المنشأة ، كشفت عن إمكانية استخدام عناصر صنعية بسيطة ، لتلبية مجموعة من الأغراض التصميمية المعقدة . إن النظام الإنشائي الذي اعتمدته الكنيسة هذه ، لذو قيمة عالية ، فالعناصر المكونة للمنشأة ، يمكن تركيبها وفكها بسهولة تامة ، كما تمنحنا قطعها ، مرونة عالية في طريقة التشكيل ، فنصل من خلالها الى مساقط وواجهات ، غاية في التنوع ، كما تتيح لنا أشكالها البسيطة ، مرونة في اختيار مادة الإنشاء المناسبة .

إن نظام الإنشاء الذي ابتكره المعماري «ميرو» ، المعتمد على إطار فراغي ، مؤلف من مجموعة من الأنابيب المتصالبة ، والمحمول على جدران متنوعة السماكات ، ومشادة من عدد من الأنابيب المعدنية ، ما زال مستخدماً إلى يومنا هذا ، لما لهذا الأسلوب من فضل في حل المعادلة الصعبة ، المتمثلة بالوصول إلى المتانة المطلوبة ، بأقل تكاليف ممكنة . كسيت سطوح المنشأة هذه ، بشرائح بلاستيكية مصفحة .



الشكل (٢٧-٣) : اعتمد إنشاء الكنيسة الموضحة في هذا الشكل ، على نظام إنشائي مرن ، ذي تكاليف بسيطة . إن أمثال هذه الجمل ، كثيراً ما نراها ملائمة لإنشاء الكنائس وصالات العرض . تتألف الجملة الإنشائية من إطار فراغي مشكل من أنابيب معدنية مكسوة بالبوليستر وببانوهات بلاستيكية نصف شفافة .

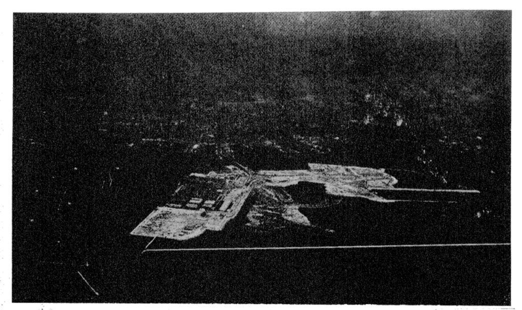
● منشآت الشواطىء :

* الجزر الإصطناعية :

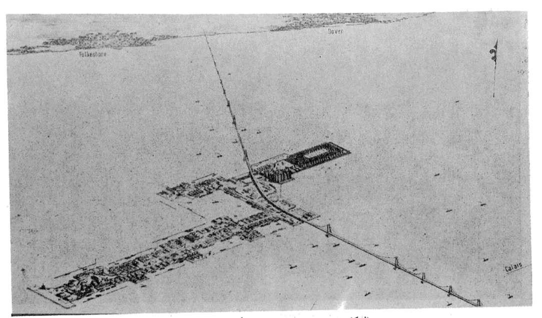
– 9.1 : نظراً لعجز مساحة اليابسة عن استيعاب اعداد سكان المدن والاقاليم المتزايدة ، ونظراً للحاجة إلى فصل المناطق الصناعية والمحلات التجارية عن المناطق السكنية ، كان لا بد للمعماريين ، من التوجه بتفكيرهم ، نحو أساليب وطرز تصميمية ، تتيح لهم استغلال مساحات أكبر ، وهذا ما دعاهم إلى ابتكار ما يسمى بالجزر الاصطناعية ، أشادوها على مساحات تقع على شواطىء البحار ، حيث استغلت المساحات ذات الأعماق الضحلة ، لإنشاء منشآت تجارية ، محمية بجدران بيتونية ، وأسوار ترابية ، تقيها أمواج البحر ، أما المساحات الواقعة على عمق كاف ، فتستغل كمداخل لإدخال وتسيير ناقلات البترول ، وبعض سفن الشحن الضخمة ، أنظر الشكلين (٢٨-٣) و(٢٩-٣) . يمكننا بهذه الطريقة ، التخلص من مشاكل التلوث ، والكثير من المشاكل البيئية الأخرى .

– 9.02 : لا بد قبل التفكير في إنشاء الجزر الاصطناعية ، من إجراء دراسات فيزيائية تفصيلية ، غايتها معرفة الظروف التصميمية الخاصة بمناطق البحار ، كما لا بد من الاستعانة باختصاصيين ، يوضحون لنا المواصفات التي ينبغي أن تتوافر في المنشآت المراد تركها في عرض البحار . كما يستشار عند التصميم ، مهندسوا الملاحة البحرية ، للتعرف على مشاكل صيانة البحار من التلوث ، وكيفية تجنب تيارات وأمواج البحر ، وأخيراً وليس آخراً ، لا بد من التعرف على المواقع المقترحة ، لكي يتسنى معرفة كافة الاشتراطات اللازمة ، للتخفيف من كلف الإنشاء .

تجهز الجزر متعددة الاستعمالات ، بما يساعدها على تجميع كافة التجهيزات اللازمة لأداء سلسلة من العمليات المتعاقبة ، كالتجهيزات اللازمة لأداء مهمة صناعية محددة ، إلى جانب الأنشطة المرافقة لها ، كالتجهيزات اللازمة لتحويل الجزيرة ، إلى محطات للتزود بالبترول ، ملحق بها مهبط للطائرات ، تجهز به مساحة تقع على شاطىء البحر ، بكلف معقولة .



الشكل (٢٨-٣) : تعد الجزيرة الموضحة في الشكل هذا ، من أكبر الجزر الصنعية في العالم ، وهي جزيرة أشيدت إلى جوار مرفأ من مرافىء اليابان عام ١٩٧٥ . تبلغ مساحة الجزيرة حوالي (٤,٣٦) كم٢ . وتعد استكمالاً للمرفأ المجاور وللتسهيلات المتواجدة عليه .



الشكل (٢٩-٣) : يوضح الشكل جسراً جرى توضيحه في الشكل (١٠-٣: ، وهو أحد الجسور المشادة مخترقاً جزيرة صنعية مساحتها (٥٢) كم٢ .

* جسور الوصل :

– 9.03 : يعد الجسر الواصل ما بين المدينة الصناعية الواقعة في عرض القناة الانكليزية ، والمرفأ ذي المياه العميقة ، تطبيقاً هاماً من تطبيقات مفهوم الجزر الاصطناعية ، أنظر الشكل (٢٩-٣) . تبلغ مساحة الجزيرة حوالي (٥٢) كم مربع ، مجهزة ومؤلفة من :

١- شاطىء عميق المياه ، يبلغ طوله حوالي (٦٤) كم ، تتجمع فيه كافة تيارات السحب ، القادرة على جر كافة السفن إليه ، خصوصاً ناقلات البترول الضخمة ، السفن الحاملة للمواد الخام ، والسفن الحاملة لصهاريج المياه . .

٢- كافة التجهيزات المساعدة في تسهيل عمليات الشحن .

٣- تهيئة ظروف مثالية ، نستطيع من خلالها ، تخزين البترول والزيت تخزيناً آمناً ، ضمن مستودعات تقع تحت منسوب أرض الجزيرة .

٤- ابتكار تجهيزات عصرية ، تعمل على توليد القدرة ، مستفيدين في تشغيلها ، من مستودعات الغاز والبترول القريبة .

٥- تساعدنا الجزر الاصطناعية أيضاً ، على إيجاد مواقع جديدة للمصانع ، بعيداً عن البر الرئيسي ، حيث كثرت في الآونة الاخيرة ، اعتراضات محاربي التلوث البيئي ، كما قويت محاربتهم لإنشاء المصانع القريبة من التجمعات السكنية . فبهذه الطريقة ، نبتعد بمسببات التلوث ، بما فيها الدخان ، الروائح ، القاذورات ، الضجة ، وحركة السيارات ، بعيداً عن البر الرئيسي ، حيث التجمعات البشرية .

يمكن لجسور الوصل ، أن تعمل على دمج وتوحيد مجموعة من الوظائف بشكل آمن ، حيث يمكن أن تصل ما بين مصافي البترول ، التجهيزات الكيميائية ، تجهيزات القدرة ، والتسهيلات المعدة لهبوط الطائرات . .

* الشواطىء المعدة لهبوط الطائرات :

– 9.04 : الاقتراح الهام الآخر ، هو تجهيز خليج أوساكا ، وعلى امتداد (١٠) كم ، ليكون بمثابة مهبط للطائرات . أن عمق مياه الخليج المعد هذا ، تصل إلى عشرين متراً . صمِّم المهبط هذا ، للتخفيف من الأعباء المتزايدة ، الناشئة عن تنامي حركة الطائرات الهابطة إلى مطار أوساكا الدولي ، القريب من المهبط المعد . يستخدم المهبط هذا

لهبوط طائرات البوينغ (٧٤٧) ، وغيرها من الطائرات ، التي تصل حمولتها إلى حوالي (٣٥٠) طن ، متجنبين بذلك التلوث البيئي ، الناشيء عن الضجيج الذي تحدثه هذه الطائرات ، فيما لو هبطت على البر الرئيسي .

هناك اقتراحات أخرى ، هدفها الوصول إلى مهابط للطائرات ، طول كل منها حوالي (٤٨٠٠) متر ، وعرضها ١٨٠٠) م ، تشاد وفق اساليب ثلاثة : أولها على شكل قواعد بحرية ، تعتمد في إنشائها على ركائز مصنعة من أنابيب معدنية ، تحيط بالقاعدة المردومة . وثانيها ما كان على شكل مطار عائم ، مثبت إلى منشآت عائمة منفصلة ، تعمل على كسر حدة أمواج البحر ، بغية التخفيف من تأثيرات الأمواج وتيارات المد والجزر . أما الأسلوب الإنشائي الثالث ، فيعتمد على تحويل جسم منشأة المهبط ، إلى وحدات إنشائية متماثلة ، حيث يصبح جسم المهبط ، مؤلفاً من مجموعة من الصناديق المعدنية الخلوية ، طول كل منها مساوياً لـ(١٥٠) متراً ، وعرضها (٥٠) متراً ، بعمق (١٠) أمتار ، على أن تجمع هذه الصناديق بأكملها ، وتثبت إلى قاع الشاطىء ، بسلاسل معدنية ، مزوّدة بأثقال مناسبة . إن الفوائد المكتسبة من المهابط العائمة هي أنها :

١- تتيح لنا مرونة في اختيار موقع المنشأة ، مهما كان عمق المياه عند الموقع المختار .

٢- نتجنب بها البحث عن الوسائل الكفيلة بتحسين أرضية المهبط ، إذ تفقد هذه الوسائل أهميتها .

٣- نتجنب بها تعريض مياه البحر للتلوث ، الناشيء عن عملية ردم التربة ، بالوسائل التقليدية المعروفة .

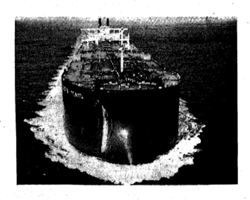
٤- تعد منشآت كهذه ، أقل تأثراً بأخطار الزلازل .

٥- يمكننا أسلوب الإنشاء هذا ، من استغلال السطوح الواقعة أسفل مستوى مصطبة المهبط ، لأغراض تخزينية ، كأن تعمل بها صهاريج لخزن الوقود ، تقديم تسهيلات التحميل ورسو السفن ، فاسحين المجال بذلك ، لترك المصطبة خالية من الإشغالات الثانوية ، مهيأة على شكل مسالك جاهزة لمناورة الطائرات .

- 9.05 : تتلخص مشاكل مهابط الطائرات العائمة ، بإيجاد أساليب التجميع المناسبة ، أساليب الإرساء الكفيلة بتثبيت المهبط بشكل آمن ، بإيجاد الأساليب الكفيلة للمحافظة على سلامة المنشأة ، صالحة للاستثمار ، فترة تتراوح ما بين عشرين لثلاثين سنة ، وأخيراً اختيار الأساليب المناسبة ، للحد من تأثيرات أمواج البحر ، وتيارات المد والجزر ، وليكن معلوماً ، أن اتخاذ الاحتياطات المناسبة ، بغية تأمين عبور آمن ، هو من الشؤون الأساسية ، التي بها تنتظم أمور وسائل النقل بمختلف أشكالها .

* تجهيزات التنقيب الساحلية :

- 9.06 : على الرغم من أن مشاكل أعمال التنقيب المجراة في أعماق البحار والمحيطات ، هي ذاتها التي تتعرّض لها أعمال التنقيب على اليابسة ، بل وأكثر . إلّا أنه وخلال العقدين الماضيين ، ونتيجة للتقدم التقني الهائل ، الذي وفر أدوات ووسائل عمل جديدة ؛ تمكن القائمون على أعمال التنقيب ، من التنقيب عن البترول في مساحات كانت في السابق ، تعد من المساحات الخطرة ، كما هو الحال في بحر الشمال على سبيل المثال . هذا ، وما زالت أساليب تصميم وإنشاء الجزر العائمة ، في تطور مستمر ، مستفيدة من الإخفاقات المتتابعة التي تعرضت لها في بداياتها الاولى .



الشكل (٣٠-٣) : يوضح الشكل التجهيزات المتواجدة على سطح ناقلات النفط العملاقة .

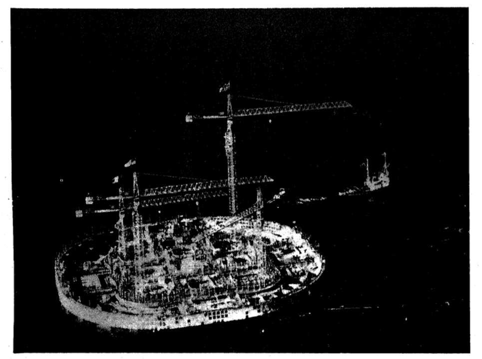
– 9.07 :من الصعب تذليل مشاكل العمل فوق سطح بحر هائج ، خاصة وأن العوامل الفاعلة ، المساعدة في ضبط وإخضاع وسائل التنفيذ على سطح اليابسة ، تختلف عن تلك المؤثرة تحت سطح مياه البحار . اعتمد المصممون على حلول كثيرة ، أهمّها ما اعتمد على تركيب تجهيزات بحرية ، تستند على أرضية قاع البحر ، ممتدة إلى الأعلى ، حيث أماكن الاستفادة منها . تم إلى الآن ، تركيب وتشغيل مائة جزيرة معدة للتنقيب عن البترول ، موضوعة في مناطق عمقها يصل إلى حوالي (٢٠٠) متر ، جرى تثبيتها باستخدام غوّاصات يقودها غطّاسون متخصصون بأعمال الإنشاء . تقوم سفن النقل العملاقة ، بالتطواف حيث منابع البترول ، فتجمعه متنقلة به حيث مصافي البترول .

* صهاريج التخزين الشاطئية :

– 9.08 : يمكن استعادة البترول إما من قاع البحر مباشرة . أو من على منسوب سطحه ، فمشكلة التخزين ، هي من أهم مشاكل أعمال التنقيب في عرض البحار ، يوضح الشكل (٣١-٣) ، جزيرة عائمة مؤلفة من مستودع ضخم ، مكون من اسطوانات شاقولية ، مشادة على شكل صهاريج بيتونية ، يبلغ ارتفاع إحداها الكلي حوالي تسعين متراً ، يبرز منه فوق سطح المياه ، فقط عشرين متراً ، تبلغ قطر اسطوانة التخزين حوالي خمسة وتسعين متراً . تتوزع على سطح جدار الاسطوانة الخارجي ، والمصمم كجدار كاسر لأمواج البحر ؛ ثقوب تعمل على تقليص تأثيرات ما تتلقاه الاسطوانة من صدمات ، مردّها ارتطام الأمواج بسطح جدارها الخارجي .

يجفف موقع الجزيرة ، وتحفر أرضيته إلى عمق ستة أمتار ، حيث تصب أرضية مسبقة الإجهاد ، على شكل صندوق مفرّغ . تشاد بعدئذ الجدران الكاسرة للأمواج ، في البداية ، فقط إلى ارتفاع ثمانية أمتار ، فتتكون بذلك أزقّة بحرية ، تستند عليها الأرضية السطحية .

– 9.09 : يوضح الشكل (٣٢-٣) ، مثالاً آخراً من أمثلة مستودعات التخزين . يتسع المستودع البحري هذا لحوالي (٧٧٢٨٠٠٠٠) لتراً ، ويبعد موقعه عن شاطىء البحر حوالي سبعة وتسعين كيلو متراً ، وهو على شكل خزان عائم ، يقع على موقع عمقه حوالي ستين متراً . يبلغ الوزن الإجمالي لمستودع التخزين هذا ، حوالي خمسة عشر



الشكل (٣-٣١) : يوضح الشكل إحدى جزر التنقيب عن البترول المنتشرة في بحر الشمال . تعد الجزيرة هذه ، بمثابة مستودع ضخم ، تخزن فيها كميات ضخمة من البترول الخام .

ألف طن ، وقطر اسطوانته تصل إلى حوالي (٨٢) متراً ، ويصل ارتفاع اسطوانته إلى حوالي (٦١) متراً .

يعتمد طفو المنشأة هذه ، على مبدأ إزاحة الماء ، فهي منشأة لا قعر لها ، لذا فهي ممتلئة دوماً إما بالمياه أو البترول الخام أو كليهما معاً . يملأ الخزان هذا ، بوضع البترول الخام فوق ما يحويه من المياه ، وذلك استناداً إلى أن الزيت ، عند وضعه مخلوطاً بالمياه ، يطفو على سطح الماء . يسبب فرق الوزن ، ما بين وزن الزيت ووزن المياه ، اختلال توازن الضغط الداخلي ، مما يدفع بالمياه بعيداً ، حيث يتسرب من خلال فتحات ، تترك على سطح جدران مستودع التخزين .



الشكل (٣٢-٣) : يوضح الشكل مثالا آخر من أمثلة منشآت التخزين .

● الحاسوب

- 10.01 : للحاسوب تطبيقات عديدة ، تشمل مناحي التصميم المعماري والإنشائي بمختلف اشكالها ، فالحاسوب اليوم ، أداة هامة بيد مهندسي الإنشاء والعمارة . تستخدم الحواسيب عادة ، لإنجاز مجموعة كبيرة من الأعمال ، وهذا ما يبرِّر استخدامها ، رغم ارتفاع كلف تطبيقاتها . بالطبع من الخطأ القول أن قدرة الحاسوب ، تنحصر فقط بما يزودنا به من معلومات مخزنة ، كان قد زود بها في وقت سابق ، بل تتعدى ذلك إلى كونها تكراراً ذا قيمة لمعلومات يمكن أن تفيدنا عملياً . نحن نعلم أن الحاسوب لا يمكن أن يقدِّم لنا من فراغ تصميمات جاهزة ، إلا أنه قادر على تقديم عدد محدد من التصاميم البديلة ، الملائمة لظروف محددة . تعتمد نوعية النتائج المستخلصة ، على نوعية البرنامج ، وبشكل أكثر أهمية ، على خبرة المبرمج ، الذي تقع على عاتقه مهمة تحويل المعطيات المتوافرة لديه إلى معطيات ومعلومات ذات قيمة ، يستطيع الحاسوب التعامل معها .

- 10.02 : يمكن للحاسوب المجهز ببرامج تساعد في عملية التصميم الإنشائي ، تقديم المكاسب التالية :

١- يمكن به تقييم العديد من التصاميم ، مما يساعد على اختيار افضلها .
٢- به نستطيع توضيح العلاقات المنطقية ، التي تربط ما بين عناصر المنشأة .
٣- يمكن به اجراء مراجعة سريعة ، للمعايير المحددة للخصائص التصميمية ، ككمية الإنارة الطبيعية اللازمة ، متطلبات التدفئة ، والمساحة الطابقية المطلوبة .
٤- به تصبح إجراءات التصميم واستكمال مراحله أسرع .
٥- يمكن أن يتلقى منه أفراد فريق التصميم ، المعلومات المبرمجة داخله ، مما يساعدهم في متابعة العملية التصميمية .
٦- يمكن أن نحصل منه على معلومات أكثر دقة وتماسكاً ، ويتم ذلك من خلال جداول وبيانات .

- 10.03 : لقد أحدثت الحواسيب أثراً ضخماً ، خصوصاً على التصاميم الإنشائية ، فقديماً كان يتطلب حل منشأة بسيطة ، مؤلفة من (١٠٠ : عنصر إنشائي مثلاً ، افتراض (٦٠٠) ثابت ، وحل ستمائة معادلة آنية ، مما جعل من الصعوبة بمكان ، التوصل إلى حلول دقيقة ، من خلال أساليب الحساب التقليدية ، التي كانت بين أيدينا . بينما أمكن الآن ، حل أمثال هذه المنشآت ، خلال بضعة ثوان لا أكثر . إن تطور الحاسبات في الآونة الاخيرة ، جعل من حل (١٠٠٠٠) معادلة آنية ، أمراً مألوفاً .

- 10.04 : لعل أهم فوائد الحاسوب في العمليات الإنشائية ، هي قدرته على طمئنة مهندس الإنشاء ، أن افتراضاته الأولية ، التي عليها تبنى أساليب التحليل الإنشائي ، هي افتراضات صحيحة . كما أن الحاسوب قادر على اعطاء نتائج دقيقة ، فيما يخص الأسقف القشرية والمنشآت الفراغية ذات الأبعاد الثلاثة .

- 10.05 : في المنشآت بالغة التعقيد ، كالأبنية العالية مثلاً ، نلمس عجز المصطلحات الرياضية عن التعبير عن مفردات المنشأة ، مما يحول بين الحاسوب ، وبين الاستفادة منه بكامل طاقته . في حالات كهذه ، نستخدم تحليلاً لمنشأة مكافئة ، يمكن التعبير عن مفرداتها رياضياً ، بحيث نعرضها لظروف مشابهة ، فنتوصل بذلك إلى حلول أقرب ما تكون إلى الحلول الدقيقة .

